Rundfunktechnik

Einführung und praktischer Wegweiser

Teil V - Rückgekoppelte Röhren, Sender u. moderne Empfänger

Von Rolf Wigand

Mit 25 Bildern

Neubearbeitet von Hans Großmann

LEHRMEISTER BÜCHEREI 1.-

Rundfunktechnik

Einführung und praktischer Wegweiser

TEIL V

Rückgekoppelte Röhren, Sender und moderne Empfänger

von

Rolf Wigand

neuüberarbeitete Auflage von

Hans Großmann

mit 25 Bildern

und einem Stichwortverzeichnis für Rundfunktechnik Teil I-V

Lehrmeister-Bücherei Nr. 2009

Albrecht Philler Verlag Minden (Westf)

Inhaltsverzeichnis

Die Dämpfung eines Kreises wird geregelt 5
Der Röhrensender 15
Modulation beim Röhrensender 16
Telegraphiesender 18
Falsche Rückkopplung kann nützlich sein 19
Der König der Empfänger 22
Moderne Röhren für den Superhet 33
Verstärkung — selbsttätig geregelt 37
Richtige Abstimmung — sichtbar gemacht 45
Der Empfänger stimmt sich selbst richtig ab 46
Der Gipfel der Bequemlichkeit: Druckknopf-abstimmung 50
Abstimmung mit einem Knopf 53
Schlußwort 59
Stichwortverzeichnis für Teil I—V 60

Das Werk „Rundfunktechnik" umfaßt die folgenden Bände:

1. **Grundlagen I,** L. B. Nr. 2001
2. **Grundlagen II,** L. B. Nr. 2003
3. **Antennen, Wellen, Gleichrichter,** L. B. Nr. 2005
4. **Verstärker für Hoch- und Niederfrequenz,** L. B. Nr. 2007
5. **Rückgekoppelte Röhren, Sender u. moderne Empfänger** L. B. Nr. 2009
6. **Ultrakurzwellen-Rundfunktechnik**

ALLE RECHTE VORBEHALTEN

Druck: Bad-Druckerei, Bad Oeynhausen
Fadenlos gebunden von Wilhelm Altvater, Todtenhausen über Minden (Westf)
56033

Vorwort

Rückkopplung — das war das Zauberwort, das die Rundfunktechnik erstehen ließ. Ohne Rückkopplung keine Röhrensender, ohne Röhrensender kein Rundfunk. Der Kleinempfänger und der größte Superhet — sie wären ohne Rückkopplung undenkbar. Wir beschäftigen uns daher in diesem Bändchen eingehend mit allen Fragen der Rückkopplung und ihrer Anwendung in der Empfangstechnik, nachdem wir bereits am Schluß des vorhergehenden Bändchens die Rückkopplung über die innere Röhrenkapazität kennenlernten.

Aber auch die letzten Verfeinerungen, die einen genußreichen Rundfunkempfang ausmachen und die Bedienung der Empfänger vereinfachen, wie Gegenkopplung, Schwundausgleich, selbständige Scharfabstimmung, Druckknopfabstimmung und Einknopfabstimmung, werden erörtert. Eine kurze Schrifttumsübersicht und ein Stichwortverzeichnis für alle fünf Heftchen „Rundfunktechnik" zur schnellen Orientierung bei allen Fragen bilden den Abschluß.

Ich möchte an dieser Stelle allen fünf Büchern den Wunsch mitgeben, daß sie dem Leser in der Verwirklichung seiner Absicht, tiefer in die verwickelte Rundfunktechnik einzudringen, sich die grundlegenden Kenntnisse für erfolgreiches Weiterarbeiten anzueignen, eine Hilfe sein und ihm darüber hinaus gelegentlich als bescheidenes Nachschlagewerk dienen mögen.

Rolf Wigand

Die Dämpfung eines Kreises wird geregelt

Es wäre denkbar, eine Bandbreitenregelung — allerdings auf Kosten der Trennschärfe und der Verstärkung — auch in einem Empfänger nach Bd. IV, Bild 20 — also ohne Bandfilter — durchzuführen, indem die Dämpfung eines oder beider Abstimmungskreise verändert wird. Das ließe sich durch Einschaltung eines Regelwiderstandes in den Kreis oder auch parallel dazu (Bild 1) bewirken. Man müßte dann die Dämpfung der Kreise allein außerordentlich gering halten, so daß eine Regelung in weiten Grenzen offen bleibt. Auf diese Weise werden die Kreise allerdings nur verschlechtert.

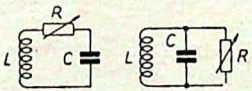


Bild 1

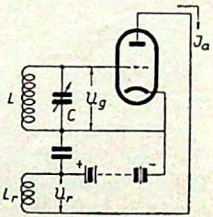


Bild 2

Die Erhöhung der Güte eines Kreises, eine Verminderung seiner Dämpfung wäre nur so denkbar, daß man zu dem Widerstand des Kreises einen zweiten dazuschaltet, der sich vom vorhandenen abzieht, also gewissermaßen einen „negativen Widerstand". In unserer Praxis ist uns so etwas bisher nicht begegnet, aber wir haben in der Verstärkerröhre ein Mittel kennengelernt, um eine aufgenommene Gleichstromleistung in eine abgegebene Wechselstromleistung umzuwandeln. Erstrebenswert wäre nun, die Röhre so auszunutzen, daß sie die Wechselstromleistung, die im Verlustwiderstand des Abstimmkreises verlorengeht (in Wärme umgewandelt wird), ganz oder teilweise wieder ersetzt! Im ersteren Falle würde dann eine einmal im Schwingkreis vorhan-

dene Schwingung ja dauernd aufrechterhalten bleiben, im zweiten Falle die Dämpfung eben entsprechend reduziert werden („Dämpfungsreduktion"). Wir hätten auf diese Weise den erwünschten negativen Widerstand.

Führen wir einer Röhre (Bild 2) eine Gitterwechselspannung $\mathfrak{U}_g$ zu — etwa die an einem Schwingkreis L, C vorhandene —, so entsteht ein Anodenwechselstrom $\mathfrak{J}_a$. Fließt dieser durch eine Spule L_r, so entsteht an ihr eine Wechselspannung $\mathfrak{U}_r$, die — wie wir schon gesehen haben — gegen phasig zur Gitterspannung schwingt. Koppeln wir nun die Anodenspule mit der des Gitterkreises, so induziert der Anodenwechselstrom ja auch in der Gitterspule L eine EMK, die dem Gitter zugeführt wird. Durch passenden Anschluß (Polung) von L_r bzw. L läßt es sich einrichten, daß diese mit der Gitterwechselspannung gleichphasig liegt! In Bild 3 sind die Vorgänge — sozusagen mit der Zeitlupe — an der Röhrenkennlinie dargestellt. Die ursprüngliche Gitterwechselspannung ist $\mathfrak{J}$, der dadurch hervorgerufene Anodenwechselstrom $\mathfrak{J}_I$ und die mittels der Spule L_r auf das Gitter der Röhre wieder übertragene Wechselspannung (die entgegengesetzt wie die Anodenwechselspannung — mit entgegengesetzter Phase — schwingen muß) ist $\mathfrak{U}_{II}$, so daß also jetzt das Gitter mit einer größeren Spannung (II) gesteuert wird und ein entsprechend größerer Anodenwechselstrom ($\mathfrak{J}_{II}$) entsteht,

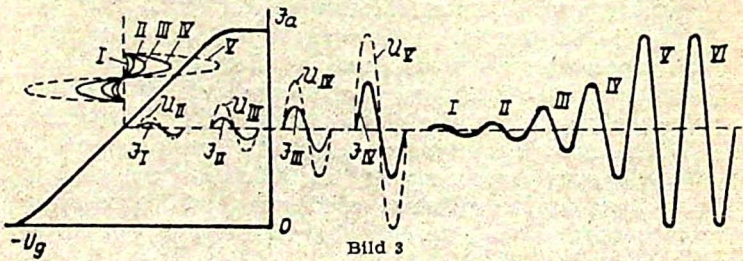


Bild 3

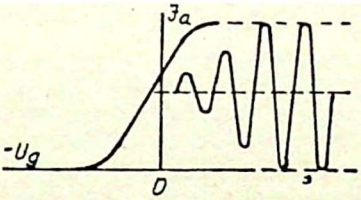


Bild 4

der abermals ($\mathfrak{U}_{III}$ bzw. III) eine größere Gitterwechselspannung zur Folge hat usw. Mit jeder Schwingung wird die Amplitude von Gitterwechselspannung und Anodenwechselstrom größer (Bild 3), die Schwingung „schaukelt sich auf" (so etwa wie eine Schaukel, die im richtigen Augenblick angestoßen, immer größere Schwingweite erreicht). Man sollte annehmen, daß eine Grenze erreicht wird, sobald die Röhre voll ausgesteuert ist (V und VI), in Wirklichkeit aber tritt (Bild 4) noch eine weitere Steigerung der Amplituden auf, bis die Röhre stark übersteuert ist und die Schwingung nahezu rechteckigen Verlauf nimmt, der, wie wir früher sahen, einen großen Oberschwingungsgehalt aufweist. Da der Gitterkreis auf eine Frequenz (die Grundfrequenz) abgestimmt ist, wird die Spannung am Gitter stets sinusförmig bleiben, denn die Oberschwingungen des Anodenstromes werden ja vom Kreise praktisch kurzgeschlossen. Eine gewisse Begrenzung tritt auch dadurch auf, daß die Röhre schließlich weit in den Bereich positiver Gitterspannung ausgesteuert wird und dann, wenn die Anodenwechselspannung $\mathfrak{U}_a$ bis zur Gitterspannung $\mathfrak{U}_g$ herabsinkt (Bild 5), das Gitter einen großen Teil des Stromes übernimmt.

Die beschriebene Rückübertragung von verstärkter Wechselspannung aus dem Anoden- auf den Gitterkreis bezeichnet man als „R ü c k k o p p l u n g". Man muß nur darauf achten, daß die rückgekoppelte Spannung stets

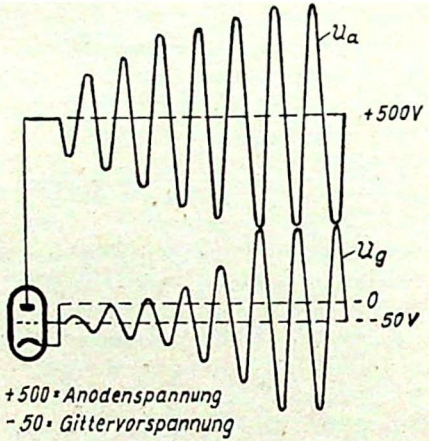


Bild 5

gegenphasig zur Anodenspannung (also gleichphasig mit Gitterspannung und Anodenstrom!) ist, im entgegengesetzten Fall würde ja die rückgekoppelte Spannung der Gitterspannung entgegenarbeiten, sie ganz oder teilweise vernichten, was ja hier nicht erwünscht ist (für besondere Fälle wendet man allerdings eine solche „Gegenkopplung" an).

Koppeln wir die Rückkopplungsspule L_r ganz lose mit der des Abstimmungskreises (L), so „klingt" die dort ein-

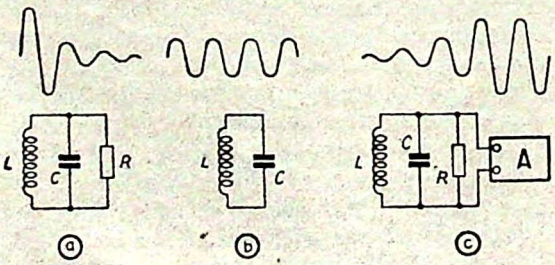


Bild 6

mal vorhandene Schwingung infolge der Kreisdämpfung „ab". Es ergibt sich eine gedämpfte Schwingung (Bild 6a). Ein völlig ungedämpfter Kreis (ohne Verlustwiderstand) würde eine zugeführte Schwingung dauernd aufrechterhalten (Bild 6b). Bei Anschaltung eines negativen Widerstandes an einen Schwingkreis (A in Bild 6c) — etwa eine rückgekoppelte Röhre — kann dessen Größe so gewählt werden, daß eine sich aufschaukelnde Schwingung resultiert. Der Zustand nach Bild 6b läßt sich ebenfalls mit einer rückgekoppelten Röhre erreichen. Die Amplitude wird dann so groß, wie es die Röhre mit ihren Betriebsspannungen zuläßt (vgl. Bild 5). Der Anteil der Anodenwechselspannung, den man dem Gitter wieder zuführt, wird als „Rückkopplungsfaktor" K bezeichnet.

Zwischen den Grenzfällen der Rückkopplung in Bild 6a und c läßt sich nun ein Zwischenstadium durch entsprechende Wahl der Kopplung von L_r mit L einstellen, in dem die im Kreise entstehenden Verluste zu einem sehr großen Teil von der Röhre nachgeliefert bzw. durch sie gedeckt werden. Theoretisch könnte man das bis zur völligen Aufhebung der Verluste treiben. Infolge der immer vorhandenen geringen Anodenstrom- oder -Betriebsspannungsschwankungen ist dieser Zustand aber labil, es ergeben sich leicht aufschaukelnde Schwingungen, ein Zustand, der bei Telefonieempfang unzulässig ist, weil hier keine zusätzlichen Schwingungen außer den ankommenden erwünscht sind und man nur Entdämpfung erreichen will. In der Praxis wird bei guter Rückkopplungseinstellung wohl nicht mehr als eine Entdämpfung auf $^1/_{20}$, also eine Erhöhung der Kreisgüte auf den zwanzigfachen Betrag erreicht. Im gleichen Maße steigen dann Trennschärfe und Verstärkung. In Bild 7 ist für einen Kreis mit einer Güte von 15,5 (Kurve I, Resonanzfrequenz 600 kHz) bei großer Rückkopplung die Resonanzkurve (II) wiedergegeben, die Güte ist auf 310 gestiegen. Zum Vergleich

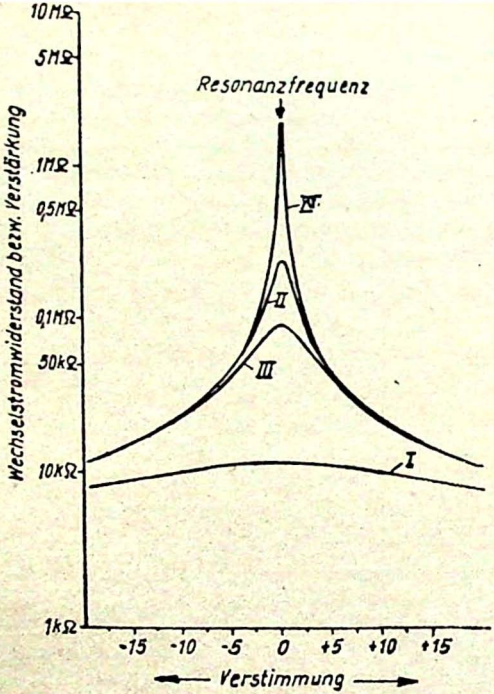


Bild 7

dient eine Kurve eines Kreises mit $\varrho = 125$ (III) und des gleichen Kreises mit Rückkopplung ($\varrho = 2500$, Kurve IV).

Aus den Kurven ergibt sich gleich augenfällig die Richtigstellung eines weitverbreiteten Irrtums. Man hört nämlich oft, daß es durch Anwendung von Rückkopplung gelänge, auch einen sehr schlechten Abstimmkreis beliebig weit zu entdämpfen, so daß er eine gute Verstärkung und Trennschärfe liefert. Dann wäre es gleichgültig, was man für eine Spule und für einen Kondensator anwendet. Das ist aber ein Trugschluß, weil man eben nur t h e o r e t i s c h

die Dämpfung eines Kreises durch Rückkopplung gerade soweit aufheben kann, daß er noch nicht selbständig schwingt. In Wirklichkeit läßt sich die Entdämpfung nur beschränkt ausnutzen; je besser also ein Kreis an sich schon ist, desto höher wird man Verstärkung und Trennschärfe durch Rückkopplung treiben können, ganz abgesehen davon, daß die Einstellung der richtigen Rückkopplung natürlich bei einem guten Kreis leichter ist als bei einem schlechten, der sehr weitgehend entdämpft werden soll.

Wir hatten die Röhre, die als Audion oder Richtverstärker arbeitet, als zweierlei Funktionen erfüllend kennengelernt, nämlich als Demodulator und Verstärker. Wird nun in die Anodenleitung eines Audions (Bild 8) noch eine Rückkopplungsspule L_r eingeschaltet, die mit dem Gitterkreis (L) verändert gekoppelt ist, so läßt sich bei jeder Frequenz die Dämpfung des Gitterkreises auf rund $^1/_{20}$ verkleinern, weshalb die Trennschärfe und die „Aufschaukelung" des Kreises steigen („Rückkopplungsaudion"). Die Röhre kann also noch eine weitere Verstärkungssteigerung und dazu eine Trennschärfesteigerung liefern.

Daß meist nur das Audion, nicht aber der Richtverstärker rückkoppelt, hat seinen Grund darin, daß bei letzterem ein sogenanntes „Ziehen" der Rückkopplung auftritt: nähert man L und L_r, so setzt schließlich infolge zu großer Rückkopplung die Schwingung ein („Schwingungseinsatz"), der Schwingkreis liefert ungedämpfte Schwingungen, die in ihrer Amplitude nur durch die Daten der Röhre und durch die am Gitterwiderstand R_g auftretende Gittervorspannung begrenzt sind. Lockert man jetzt die Kopplung wieder so weit, daß die Schwingungen gerade aussetzen, so ergibt sich der Zustand größter Verstärkung, die „Empfindlichkeit" gegenüber schwa-

chen Signalen ist dann am größten. Die Spulenstellung, bei der die Schwingungen einsetzen und diejenige, bei der sie wieder aussetzen (abreißen), ist beim Audion ungefähr die gleiche, beim Anodengleichrichter jedoch wird man die Spulen weiter voneinander entfernen, die Rückkopplung loser machen müssen, um die Schwingungen wieder zum Aussetzen zu bringen, als vorher zum Schwingungseinsatz erforderlich war. Man nennt diese Erscheinung Ziehen, spricht auch von einem „harten" Schwingungseinsatz im Gegensatz zu dem „weichen" beim Audion. Auch bei letzterem gibt es — insbesondere bei unmittelbar geheizten Röhren — einen harten Einsatz, der auf ungünstige Gitterspannungseinstellung zurückzuführen ist. Durch richtige Auswahl des Gitterwiderstandes oder durch Anschluß der Gitterrückleitung an den Schleifer eines parallel zum Heizfaden liegenden Potentiometers (bei Batterieempfängern vielfach üblich) läßt sich der Schwingungseinsatz richtig einstellen. Zu weicher Einsatz ist gleichfalls unerwünscht, weil dann die Verstärkung leidet. Praktisch liegt die günstigste Einstellung dann vor, wenn die Schwingungen mit einem dumpfen Knacken einsetzen.

Der Kondensator C_r in Bild 8 läßt die im Anodenkreis des Audions vorhandene Hochfrequenz (vgl. Bd. III, Bild 38), die durch L_r fließt, am Ausgangskreis der Röhre (Übertrager, Widerstand, Kopfhörer usw.) ungehindert

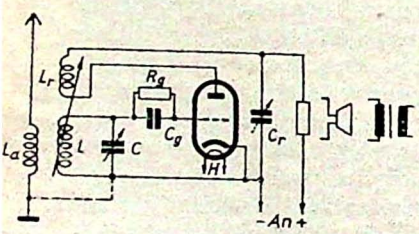


Bild 8

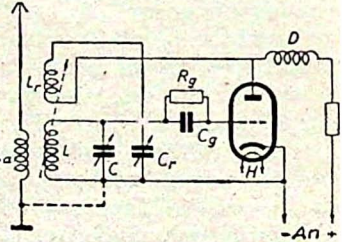


Bild 9

vorbeifließen. Fehlt er, so funktioniert die Rückkopplung u. U. nicht, weil die Hochfrequenz im Anodenkreis abgedrosselt wird. Man kann deshalb auch den Abstand der Rückkopplungsspule L_r von der Abstimmspule L fest und C_r einstellbar machen (Drehkondensator, sog. „Rückkopplungskondensator"), um eine Rückkopplungseinstellung zu ermöglichen. Ein anderer Weg, der auch bei dem Audion Bild 20 in Bd. IV angewandt wurde, ist die Einschaltung einer HF-Drossel D in den Anodenkreis, der zum Kopfhörer o. ä. führt (Bild 9). Dort kann Hochfrequenz also nicht fließen. Der Spulenabstand bleibt fest und geregelt wird nur der Hochfrequenzwiderstand im Rückkopplungskreise, über die Kapazität des einstellbaren Rückkopplungskondensators C_r. Bei zu kleiner Kapazität (herausgedrehtem Kondensator) ist der HF-Widerstand so hoch, daß die Schwingungen abreißen, weil über L_r kein hinreichend großer HF-Strom mehr aus dem Anodenkreis fließen und in L eine Spannung induzieren kann. Vereinzelt wird bei dieser Schaltung C_r fest und L_r gegen L schwenkbar gemacht. In Bild 20 in Bd. IV sind entsprechend den zwei Abstimmspulen natürlich auch zwei Rückkopplungsspulen vorhanden, von denen eine (S) für Mittelwellenempfang kurzgeschlossen wird. Wir wollen hier eine sprachliche Unkorrektheit richtigstellen: man spricht sehr häufig von einer Schaltung mit regelbarem Kondensator C_r nach Bild 8 oder nach Bild 9 als „Audion mit kapazitiver Rückkopplung". Das ist falsch! Rückgekoppelt wird mittels L_r, also induktiv, während der Kondensator lediglich zur Regelung der Rückkopplung dient, exakt wäre daher: „induktive Rückkopplung mit kapazitiver Regelung". Bemerkt sei noch, daß die Schaltungen vielfach (meist nach ihrem Urheber) mit besonderen Namen bezeichnet werden, und daß es noch verschiedene Varianten gibt, die aber alle auf die beiden Grundformen irgendwie zurückgeführt werden können.

Eine wirkliche kapazitive Rückkopplung, bei der also nicht eine Spule, sondern ein Kondensator (und zwar in der Röhre) Rückkopplung bewirkt, haben wir bereits (Bd. IV, S. 6) kennengelernt, und wir beschäftigen uns mit weiteren Möglichkeiten, die uns die Rückkopplung bietet.

Weiter oben, bei der Frage des Empfanges von ungedämpften Schwingungszügen, wie sie beispielsweise von Telegraphiesendern ausgesandt werden, hatten wir erfahren, daß man durch „Überlagerung" einer am Empfangsort erzeugten ungedämpften Schwingung, die um ein Geringes in ihrer Frequenz gegen die zu empfangende differiert, Schwebungen erhält und durch Gleichrichtung (Demodulation) einen Schwebungston. Offen gelassen wurde, woher die Hilfsschwingungen kommen, bzw. welches Verfahren zu ihrer Erzeugung allgemein angewandt wird.

Nun haben wir ja die Möglichkeit, die Röhre — oder richtiger ausgedrückt den mit der rückgekoppelten Röhre zusammengeschalteten Kreis – zu ungedämpften Schwingungen zu erregen („Selbsterregung"). Wir könnten also zum Empfang einer Frequenz von 100 kHz eine Röhre mit Schwingkreis auf 101 kHz abgestimmt schwingen lassen, deren Energie in die Antenne hineinbringen und die entstandene Schwebung mittels Kristalldiode, Audion usw. gleichrichten, so daß der Schwebungston 1 kHz hörbar würde. Dieser Umweg ist aber noch nicht einmal notwendig, denn wie schon erläutert, kann das Audion ja auch selbst schwingen („Schwingaudion"). Mit einem schwingenden Audion, dessen Abstimmkreis um 1 kHz gegen die zu empfangende Frequenz verstimmt wird, ist in genau der gleichen Weise Schwebungsempfang möglich („Selbstüberlagerung"), das Audion ist also ein an Vielseitigkeit kaum übertreffbares Hilfsmittel beim Empfang.

Der Röhrensender

Die Röhre kann ungedämpfte Schwingungen erzeugen. Es erhebt sich daher die Frage, ob sie auch als „Sender" verwendet werden kann? Ja, und zwar in einer ganz ähnlichen Schaltung wie beim Rückkopplungsaudion (Bild 10). Hier ist lediglich der Schwingkreis L, C in den Anodenkreis der Röhre geschaltet, weil dann eine bessere Leistungsausbeute erreicht wird (beim Audion kommt es ja darauf nicht an). Beim Einschalten der Röhrenbetriebsspannung wird C aufgeladen und entlädt sich über L. Dadurch wird in L_r eine EMK induziert, die ans Gitter gelangt, so daß der Anodenwechselstrom verstärkt wird, verstärkt wieder über L_r auf das Gitter zurückwirkt usw., sich also mit anderen Worten eine Schwingung aufschaukelt. Im Schwingkreis schwingt dann eine bestimmte Hochfrequenzenergie. Koppelt man jetzt einen auf die

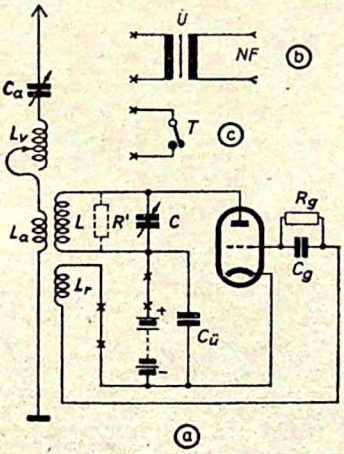


Bild 10

gleiche Frequenz wie der Kreis L, C (mittels Kondensators C_a, Antennenverlängerungsspule L_v und Antennenkopplungsspule L_a) abgestimmten Antennenkreis mit L, so wird (Übertragerwirkung) der Widerstand des Antennenkreises, also auch der Strahlungswiderstand (vgl. Bd. III, S. 6), „in den Schwingkreis hinein gekoppelt" (R') und verursacht dort einen „Verlust" an Hochfrequenzleistung. Dieser aus dem Schwingkreis verschwindende Anteil der HF-Leistung wird im Antennenkreis umgesetzt, und zwar durch dessen Verlustwiderstand in Wärme, durch den Strahlungswiderstand aber in HF-Leistung, die die Antenne ausstrahlt, aussendet! Um die richtige Gittervorspannung automatisch einzustellen, wird vielfach auch hier der „Audionkomplex" (C_g, R_g), allerdings mit gegenüber dem Audion abweichenden Werten für R_g, angewandt.

Modulation beim Röhrensender

Schaltet man an Stelle des die beiden Klemmen XX im Anodenkreis verbindenden Drahtes eine Zusatzspannung, einmal mit ihrem positiven, einmal mit ihrem negativen Pol zum Pluspol der eingezeichneten Spannungsquelle, so sinkt im ersteren Falle die ausgestrahlte Leistung, im zweiten Falle steigt sie, und zwar erfolgt die Änderung des HF-Stromes in der Antenne innerhalb gewisser Grenzen ganz ähnlich wie wir es bei Bild 7 in Band III vorausgesetzt hatten, nämlich längs einer geraden Linie, die erst bei höheren Spannungsunterschieden umbiegt. Führen wir also mittels eines passenden Übertragers Ü (Bild 10b) von der Endröhre eines entsprechend starken NF-Verstärkers den Punkten XX im Anodenkreis des Röhrensenders eine NF-Spannung zu, so schwankt die ausgestrahlte HF-Leistung im NF-Rhythmus, sie wird also moduliert („Anodenspannungsmodulation"). Im Extremfalle, wenn die NF-Wechselspannung im

Anodenkreis gleich der Gleichspannung der Anodenbatterie wird, erzielt man 100%ige Modulation, meist wird das jedoch durch vorzeitiges Umbiegen der „Modulationslinie“ (vgl. Bild 7 in Bd. III) verhindert. Bei zu großer „Modulationstiefe“ oder nicht geradliniger Modulationslinie ergeben sich Verzerrungen in ganz ähnlicher Weise wie an einer gekrümmten Röhrenkennlinie. Da aber im Empfänger meist schon genug Verzerrungsursachen vorhanden sind, bemüht man sich, die vom „Telephonie-Sender“ ausgestrahlte gemodelte Hochfrequenz von Verzerrungen so frei wie irgend möglich zu halten.

Durch Änderung der Gitterspannung läßt sich ebenfalls innerhalb weiter Grenzen die HF-Leistung verändern. Wir könnten also durch Einschaltung des Übertragers an den Punkten XX im Gitterkreis (hinter L_r) auch eine „Gitterspannungsmodulation“ durchführen. Bei Röhren mit mehreren Gittern wird u. U. auch eine „Bremsgittermodulation“ oder eine „Schirmgittermodulation“ angewandt. Alle diese Modulationsarten und auch die Kombination von Schirmgitter- und Anodenspannungsmodulation werden heute praktisch angewandt, während andere, früher übliche Methoden nicht mehr interessieren.

Daß in der Praxis heute mehrstufige Sender verwendet werden, bei denen eine Röhre („Steuersender“) eine kleine HF-Leistung erzeugt, die in nachfolgenden „Leistungsverstärkerstufen“ so weit verstärkt wird, daß sich die gewünschte Antennenleistung ergibt, und daß man die Modulation nicht im Steuersender, sondern in einer nachfolgenden Senderstufe („Modulationsstufe“) durchführt, sei der Vollständigkeit halber erwähnt.

Telegraphiesender

Unterbricht man Gitter- oder Anodenkreis des Senders an den Punkten XX und schaltet dort statt des „Modulationsübertragers“ eine Taste ein (Bild 10 c), so kann bei offenem Tastenkontakt natürlich keine Leistung abgegeben werden, beim Drücken der Taste setzen dagegen die Schwingungen ein, die z. B. im Rhythmus der Morsezeichen ausgestrahlt werden können. Telegraphiesender werden heute fast ausschließlich mehrstufig gebaut, um zu verhindern, daß Änderungen im Antennenkreise rückwirkend zu einer Frequenzänderung führen können (die Kapazität der Antenne wird ja in den Schwingkreis hineintransformiert), und wenn sich an ihr (etwa beim Schwanken der Antenne im Wind) etwas ändert, wird auch die Schwingkreiskapazität und damit die Frequenz geändert.

Aus Bild 5 geht hervor, daß die Anodenwechselspannung nur so groß sein soll, daß ihre negativsten Werte gerade die positivsten der Gitterwechselspannung erreichen, weil ja beide Spannungen gegenphasig sind. Würde die Anodenwechselspannung höhere Werte erreichen, (wird R' in Bild 10a zu groß!), so müßte in den Momenten, in denen die Anodenspannung unter die augenblickliche Gitterspannung sinkt, ein sehr großer Gitterstrom fließen, das Gitter würde einen Teil der Leistung aufnehmen und die abgegebene Leistung sinken. Auch wenn (R' zu klein) die Anodenspannung nicht bis zur Gitterspannung „herunterreicht“, wird die Leistung kleiner (man spricht vom „überspannten“ bzw. „unterspannten Zustand). Die beste Leistungsausbeute ergibt sich, wenn (wie in Bild 5) die Anodenspannung gerade bis zur Gitterspannung reicht, wenn man die „Grenzgitterspannung“ (nämlich zwischen überspanntem und unterspanntem Zustand) einstellt. Das ist

durch richtige Wahl der Antennen- und Rückkopplung leicht zu erreichen. Man sagt dann auch „die Röhre ist optimal a u s g e k o p p e l t". In der Praxis läßt sich das stets durch Probieren und nicht etwa durch irgendeine komplizierte und langwierige Rechnerei erreichen, die dann doch nicht immer genaue Ergebnisse liefert! Mehr sei hier nicht über den Röhrensender gesagt.

Falsche Rückkopplung kann nützlich sein

Vertauscht man in einer der Schaltungen von Bild 2, 8, 9 oder 10 die Zuleitungen der Rückkopplungsspule L_r, so ist der Anteil der Anodenwechselspannung, der ans Gitter übertragen wird, nicht mehr mit der Gitterwechselspannung gleichphasig, er schwingt nicht mehr gleichartig wie diese, sondern entgegengesetzt, d. h. die Gitterwechselspannung wird abgeschwächt. Ein vorhandener Abstimmkreis wird (u. U. erheblich) gedämpft. Auch dieser Effekt wird in der Praxis ausgenutzt. In einem zweistufigen Verstärker nach Bild 11 a ist die zwischen Gitter und Katode liegende Wechselspannung $\mathfrak{U}_{g1}$ natürlich gleich der Eingangswechselspannung $\mathfrak{U}_e$, weil ja die Kapazität von C_{k1} so groß ist, daß er praktisch für Wechselstrom einen Kurzschluß darstellt. An der Primärwicklung des Ausgangsübertragers Ü tritt die Anodenwechselspannung der zweiten Röhre auf ($\mathfrak{U}_{a2}$), die ihre Leistung an den Lautsprecher Lspr abgibt. An der Zusatzwicklung Z liefert der Übertrager einen vom Übersetzungsverhältnis abhängigen Prozentsatz a der Anodenwechselspannung: $a \cdot \mathfrak{U}_{a2}$. Legt man nun in die Katodenleitung der ersten Röhre einen Widerstand R (der aber nicht durch einen großen Kondensator überbrückt werden darf!), und schaltet an diesen die Wicklung Z so an, daß die Spannung $a \cdot \mathfrak{U}_{a2}$ gegenphasig zur Spannung $\mathfrak{U}_e$ schwingt (Bild 11), so gelangt ans erste Gitter die Differenz von $\mathfrak{U}_e$ und $a \cdot \mathfrak{U}_{a2}$ als

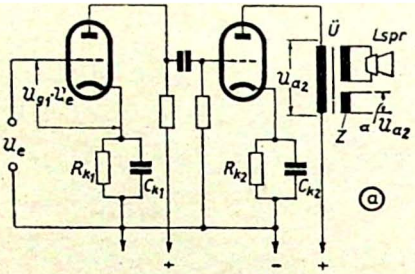
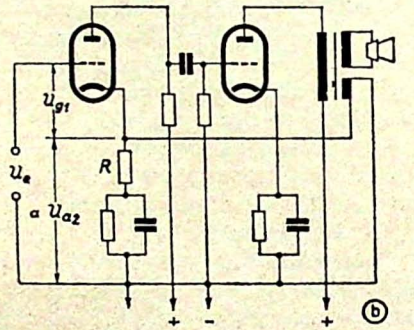


Bild 11



Gitterwechselspannung $\mathfrak{U}_{g1}$, also weniger als in Bild 11a. Es ergibt sich daher eine Verminderung der Verstärkung! Auf den ersten Blick erscheint ein solches Vorgehen sinnlos, denn man baut doch einen Verstärker so auf, daß er eine bestimmte Verstärkung liefert, weshalb sollte man also einen Teil davon wieder vernichten?

Nun ist ja bekanntermaßen ein Verstärker gewöhnlich nicht frei von Verzerrungen, eine rein sinusförmige Eingangswechselspannung $\mathfrak{U}_e$ würde also beispielsweise (Bild 12) einen verzerrten Anodenwechselstrom $\mathfrak{J}_a$ und eine entsprechend verzerrte Anodenwechselspannung $\mathfrak{U}_a$ ergeben (hier ist ja kein Schwingkreis vorhanden, der die

Anodenwechselspannung wieder sinusförmig machen würde!). Einen Anteil dieser verzerrten Anodenwechselspannung ($a \cdot \mathfrak{U}_a$) führt man nun gegenphasig dem Eingang des Verstärkers wieder zu, so daß sich dort die ursprüngliche, unverzerrte und die verzerrte Schwingung zu einer ebenfalls verzerrten Schwingung $\mathfrak{U}_{g1}$ zusammensetzen. Diese ist aber gerade so verzerrt, daß sie zusammen mit der gekrümmten Kennlinie der Röhre wieder eine unverzerrte, sinusförmige Anodenstromschwingung ($\mathfrak{J}_a'$) liefert!!! So sinnlos ist also die „Gegenkopplung" doch nicht, man verwendet sie zur Behebung von Verzerrungen und darüber hinaus auch zur Dämpfung von Schwingkreisen, bei denen keine „spitze" Resonanzkurve erwünscht ist, etwa bei einem Lautsprecher, der ja auch eine

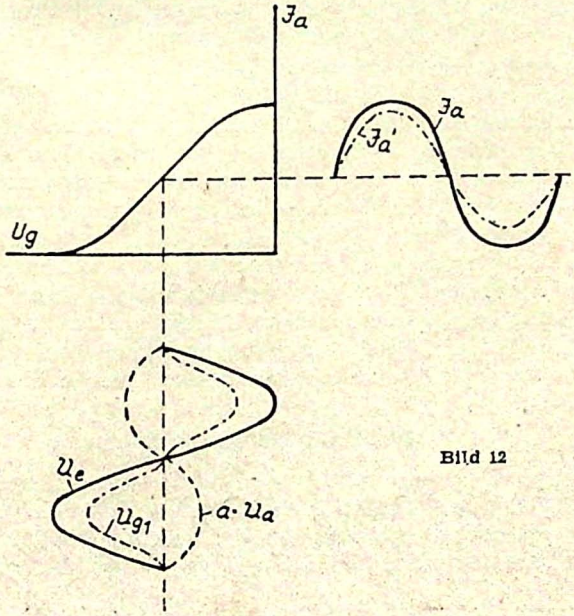


Bild 12

Resonanz hat (allerdings eine mechanische). Der Prozentsatz der zur Gegenkopplung benutzten Ausgangsspannung (α) wird als „Gegenkopplungsfaktor" bezeichnet.

Würde man parallel zu R in Bild 11b eine passende Selbstinduktionsspule schalten, die bei niedrigen Frequenzen einen kleinen Wechselstromwiderstand hat, so würde infolge der Parallelschaltung bei niedrigeren Frequenzen die Gegenkopplung natürlich schwächer (die Verstärkung größer) ausfallen als bei höheren, d. h. man könnte auf diese Weise eine ursprünglich im Verstärker vorhandene Tendenz, die niedrigeren Frequenzen zu schwach wiederzugeben (lineare Verzerrung), ausgleichen, „entzerren". Ein Kondensator, an Stelle einer Spule parallel zu R geschaltet, liefert natürlich den entgegengesetzten Effekt: Die Gegenkopplung sinkt nach hohen Frequenzen hin, die Verstärkung hoher Frequenzen wird verbessert.

Es gibt auch noch andere Gegenkopplungsschaltungen, so wird z. B. die Gegenkopplung vielfach nicht über zwei Röhren wie in Bild 11, sondern nur über eine angewandt, und auch für die Frequenzabhängigkeit werden verschiedene Kunstgriffe angewandt, so macht man z. B. die Gegenkopplung für niedrige und hohe Frequenzen regelbar, um die Wiedergabe auf diese Weise entsprechend zu beeinflussen („Klangfärber"). Es würde den Rahmen des Buches überschreiten, wenn wir auf alle diese Varianten eingehen wollten, grundsätzlich läuft alles auf das gleiche heraus: Verzerrungsverminderung und teilweise „Entzerrung" (die „Baßanhebung" gehört hierher).

Der König der Empfänger

Empfangen wir mittels eines beliebigen Demulators, z. B. eines Audions (A in Bild 13) die Trägerfrequenz E eines Rundfunksenders, der gerade nicht moduliert ist, oder die ungedämpfte Schwingung eines Telegraphie-

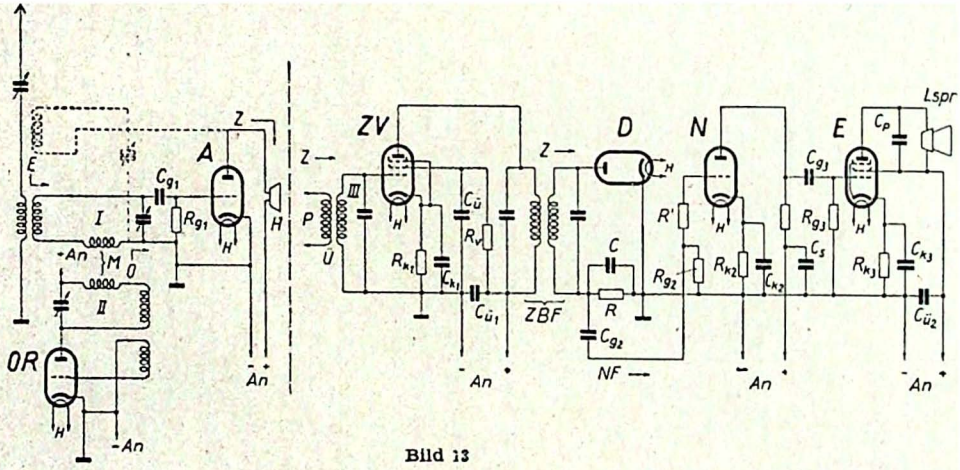

OR
H
-An
E
I
II
-An
M
O
C_{g_1}
R_{g_1}
A
H
Z
An
Z
P
Ü
III
ZV
H
R_{k_1}
C_{k_1}
$C_ü$
R_v
$C_{ü_1}$
ZBF
Z
D
H
C
R
C_{g_2}
NF
R'
R_{g_2}
N
H
R_{k_2}
C_{k_2}
An
C_{g_3}
R_{g_3}
C_s
E
H
R_{k_3}
C_p
Lspr
C_{k_3}
$C_{ü_2}$
An
An

Bild 13

senders, so hören wir im Kopfhörer H nichts. Daran ändert sich auch nichts, wenn wir den Schwingkreis II einer Oszillatorröhre OR auf genau die gleiche Frequenz abstimmen und diese Hilfsschwingung — beispielsweise mittels induktiver Kopplung M in den Abstimmkreis des Audions (I) übertragen. Selbst wenn das Audion mit einer dicht bis vor die Selbsterregung „angezogenen" Rückkopplung (gestrichelt eingezeichnet) versehen ist, hören wir nichts. Es sei nun angenommen, daß die empfangene Frequenz 100 kHz betrage, und daß sich der Oszillatorkreis II auf Frequenzen zwischen 600 und 70 kHz abstimmen läßt. Sobald man die Oszillatorfrequenz O beispielsweise auf 101 oder 99 kHz (gegen die Empfangsfrequenz E=100 kHz) verstimmt, tritt im Kreise I eine Schwebung von 1 kHz auf, bei Verstimmung von 5, 10, 15, 20 kHz usw. eine Schwebung Z= von 5, 10, 15, 20 kHz usw., und durch die Gleichrichterwirkung des Audions ergibt sich im Kopfhörer ein Schwebungston von entsprechender Höhe (Bild 14 a). Da das menschliche Ohr auf Schwingungen zwischen etwa 16—30 Hz und 12—20 kHz nicht anspricht, vernehmen wir also bei sehr geringen Verstimmungen nichts, und erst bei einer größeren Verstimmung als etwa 16—30 Hz wird ein sehr tiefer Ton vernehmbar, der mit steigender Verstimmung in seiner Höhe steigt.

Beim Durchdrehen der Oszillatorabstimmung von 70 kHz aus bis 130 kHz hören wir zunächst nichts, weil die Schwebungsfrequenz von 30 kHz — selbst wenn der Kopfhörer sie noch wiedergibt — zu hoch für unser Ohr ist; anschließend stellt sich ein zuerst sehr hoher, dann tiefer werdender Ton ein, der schließlich so tief wird, daß er nicht mehr wahrgenommen werden kann. Die Einstellung, bei der nichts mehr gehört wird, ist Schwebungsnull (Schwebungslücke), schließlich steigt die Tonhöhe wieder an, bis sie zu hoch für unser Wahrnehmungsvermögen

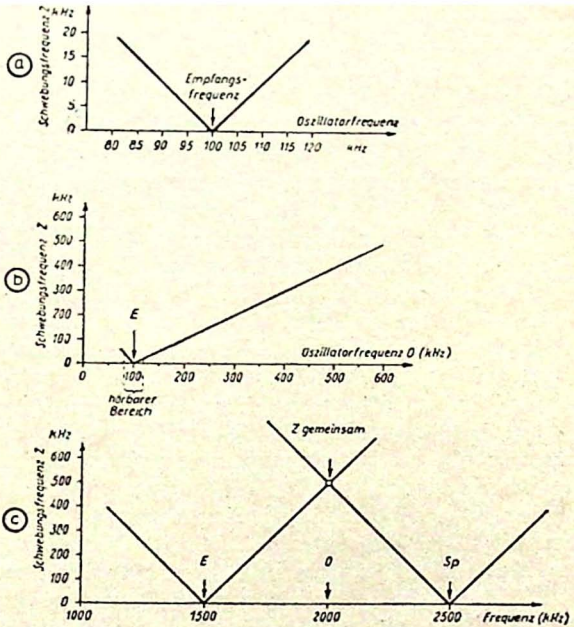


Bild 14

wird. Ganz zweifellos ergibt sich aber auch dann immer noch eine Schwebung zwischen der Empfangs- und der Oszillatorfrequenz, die gleich der Differenz O—E bzw. (wenn E höher als O ist) E—O wird, die wir aber nicht mehr hören können!

Beim Durchdrehen der ganzen Oszillatorabstimmung zwischen 70 und 600 kHz finden wir daher die in Bild 14b gezeichneten Verhältnisse. Nur ein ganz schmales Band von Schwebungsfrequenzen liegt innerhalb des hörbaren Bereiches, auf die außerhalb liegenden höheren Schwebungsfrequenzen reagiert weder unser Ohr noch die Kopf-

hörermembrane, es sind dies ja Hochfrequenzschwingungen. Das Audion liefert also bei passender Einstellung der Oszillatorfrequenz im Anodenkreis eine Hochfrequenzschwingung Z, und diese kann in der üblichen Weise — etwa mittels eines Empfängers nach Bd. IV, Bild 20 — verstärkt, mittels des Schwingaudions abermals überlagert und durch Einstellung einer niedrigen, hörbaren Schwebungsfrequenz empfangen werden.

Ist die eine der zur Überlagerung gebrachten Schwingungen, die die neue Hochfrequenz, die sog. „Zwischenfrequenz" (ZF) ergeben, moduliert, so erscheint natürlich auch die Zwischenfrequenz moduliert und das schwingende Audion kann entfallen, um sie zu empfangen. Wenn also nach Bild 13 (rechts neben der strichpunktierten Linie) die Zwischenfrequenz Z mittels eines Resonanzübertragers Ü (dessen Primärwicklung P an die Stelle des Kopfhörers im Audion-Anodenkreis tritt, während die Sekundärwicklung III auf Z abgestimmt ist), aus dem „ersten Detektor" entnommen wird, kann sie in einem auf Z abgestimmten „Zwischenfrequenzverstärker" ZV mit einem „Zwischenfrequenzbandfilter" ZBF verstärkt und z. B. in einer darauffolgenden Zweipolröhre D („zweiter Detektor") demoduliert werden. Die resultierende Tonfrequenzspannung wird dann in der Niederfrequenzverstärkerröhre N verstärkt und dem Gitter der Endröhre E zugeführt, in deren Anodenkreis der Lautsprecher Lspr liegt (die Röhre ist für eine Schirmgitterspannung eingerichtet, die gleichgroß wie die Anodenspannung sein kann). Mit einem solchen Empfänger läßt sich also auf jeden Fall eine ganz erhebliche Verstärkung erzielen. Da er einem „Überlagerungsempfänger" (jedoch mit der über der Hörbarkeitsgrenze liegendem „Schwebungston") ähnelt, spricht man als Parallele zum Heterodyneempfänger (s. Bd. III, S. 19) auch von „Supersonic-Heter-

odyne" oder „Superheterodyne" (kurz „Superhet" oder „Super"). Zur weiteren Klassifizierung zieht man dann noch die Anzahl der der Vorselektion und ZF-Verstärkung dienenden Schwingkreise heran, spricht also z. B. vom Sechskreis- oder Achtkreissuper.

Nehmen wir nun einmal an, daß bei einem auf Z = 500 kHz abgestimmten Zwischenfrequenzverstärker der Oszillator eine Frequenz von O = 2000 kHz liefert. Dann würde er mit einer von der Antenne an den ersten Detektor gelieferten Empfangsfrequenz von E = 1500 kHz eine Schwebungs-(Zwischen-)Frequenz von 500 kHz ergeben, die wir empfangen. Jetzt soll aber auf einer Frequenz von Sp = 2500 kHz ein zweiter Sender arbeiten und eine Empfangsspannung an den Abstimmkreis I liefern. Auch mit dieser Frequenz überlagert sich die Oszillatorfrequenz und — liefert abermals die gleiche Zwischenfrequenz von 500 kHz, so daß beide Sender gleichzeitig hörbar würden (Bild 14c). Dieser unerfreulichen Tatsache arbeitet glücklicherweise der Abstimmkreis vor dem ersten Detektor („Vorkreis", I) entgegen, denn er liefert ja nur mit der Frequenz eine große Wechselspannung an A, auf die er abgestimmt, mit der er in Resonanz ist. Mit anderen Frequenzen ergibt sich eine entsprechend dem Verlauf der Resonanzkurve (also entsprechend der Güte bzw. der Dämpfung des Vorkreises) geringere Spannung. Da beim gleichzeitigen Auftreten einer (Empfangs-)Frequenz von 1500 kHz und einer „Spiegelfrequenz" von 2501 kHz sich einmal eine Zwischenfrequenz von 500 kHz (mit einer Oszillatorfrequenz von 2000 kHz), das andere Mal jedoch eine solche von 501 kHz ergeben würde, bekäme man im ZF-Verstärker eine Schwebung von 1 kHz, die natürlich stört („Spiegelfrequenzstörung", „Pfeifstelle"). Diese Art von Störungen ist dieser Empfängerklasse eigentümlich, sie läßt sich nur dadurch unter-

drücken, daß die Trennschärfe des Vorkreises, die „Vorselektion", so gesteigert wird, daß die Spiegelfrequenz weit genug unterdrückt ist und praktisch nicht mehr stören kann. Man nennt das Maß für diese spezielle Trennschärfe auch „Spiegel-(frequenz)selektion".

Wie ersichtlich, liegt die Spiegelfrequenz um den Betrag der Zwischenfrequenz „auf der anderen Seite" der Oszillatorfrequenz, d. h. um die doppelte Zwischenfrequenz von der Empfangsfrequenz entfernt. Wählt man daher eine kleinere Zwischenfrequenz als 500 kHz, so rückt nicht nur die Oszillatorfrequenz, sondern auch die Spiegelfrequenz näher an die Empfangsfrequenz heran. Da die Trennschärfe sich gegenüber solchen Frequenzen, die der Resonanzfrequenz des Vorkreises enger benachbart sind, vermindert, erzielt man bei niedriger Zwischenfrequenz auch nur eine geringere Spiegelselektion, man muß dann entweder einen besseren Vorkreis (evtl. durch Rückkopplung entdämpft) oder deren mehrere (z. B. zusammen mit einer Vorröhre nach Bd. IV, Bild 20, oder in Form eines Zweikreis-Bandfilters, Bild 30 in Bd. IV) anwenden.

An einem Beispiel aus der Praxis, nämlich einem Vorkreis mit der Güte $\varrho = 100$ kann man sich z. B. für eine Empfangsfrequenz von E = 1500 kHz ein Bild von den Zusammenhängen konstruieren (Bild 15). Beträgt die Zwischenfrequenz 130 kHz, die Oszillatorfrequenz also 1630 kHz, so liegt die Spiegelfrequenz um 260 kHz höher als die Empfangsfrequenz, d. h. bei 1760 kHz. Für diesen Wert ergibt sich aus der Resonanzkurve eine Trennschärfe von 36, bzw. eine Abschwächung (eines gleichstarken Störsenders wie des zu empfangenden) auf rund 2,8%. Für eine Zwischenfrequenz von 500 kHz, eine Oszillatorfrequenz von 2000 kHz und eine Spiegelfrequenz von 2500 kHz würde sich eine Abschwächung auf 0,7%, also eine Spiegelselektion von rund 143 ergeben. Da man den Aufwand an Vorkreisen nicht beliebig hoch treiben kann, weil das zu

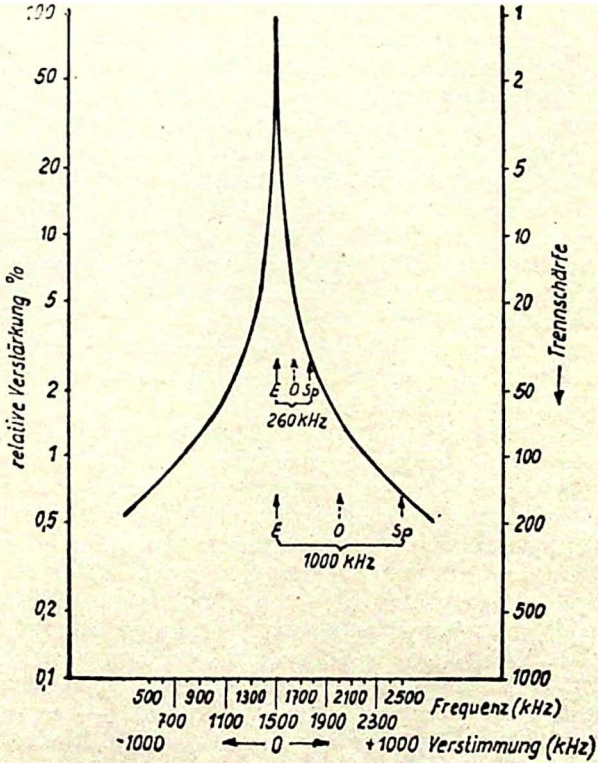


Bild 15

teuer wird, muß man daher u. U. auf die an sich erwünschten niedrigen Zwischenfrequenzen, die sehr hohe (ZF-) Verstärkungen und (ZF-)Trennschärfen liefern (vgl. Bd. IV, S. 47), zugunsten einer ausreichenden Spiegelselektion teilweise verzichten und zu höheren Zwischenfrequenzen übergehen, also einen Kompromiß schließen.

Ganz deutlich geht aus diesen Ausführungen hervor, daß man im Superhet zwei Arten von Trennschärfen zu unterscheiden hat. Die Trennschärfe gegenüber der Empfangsfrequenz dicht benachbarter Frequenzen (der Frequenzabstand zwischen Empfangsfrequenz und Nachbarfrequenz bleibt ja auch im Zwischenfrequenzverstärker erhalten, aus 1500 und 1491 kHz ergeben sich durch Überlagerung mit 2000 kHz 500 bzw. 509 kHz, aus 150 und 141 kHz entsprechend mit einer Oszillatorfrequenz von 650 kHz 500 bzw. 509 kHz, der Frequenzabstand bleibt also 9 kHz!) wird im Zwischenfrequenzverstärker durchgeführt, wo man wegen der geringeren Kosten von auf eine einzige Frequenz (ZF) fest abgestimmten Kreisen mehr Kreise bzw. Zweibandkreisfilter anwenden kann. Der oder die Vorkreise haben demgegenüber in erster Linie die Aufgabe, für eine hinreichend große „Spiegelfrequenzsicherheit" zu sorgen, also für weiter von der Empfangsfrequenz entfernte Frequenzen eine ausreichende Trennschärfe sicherzustellen. Trotzdem trägt natürlich auch die Trennschärfe der Vorkreise — speziell bei den uns am meisten interessierenden mittleren und langen Rundfunkwellen — nicht unerheblich zur Trennschärfe gegenüber den Nachbarfrequenzen bei, auf Kurzwellen jedoch, wo die Dämpfung der Kreise verhältnismäßig hoch (die Güte gering) und die Frequenz sehr hoch ist, wird selbst mit mehreren Vorkreisen — es werden deren vielfach bis zu drei verwendet — die Trennschärfe bei geringen Verstimmungen nur minimal. (So hat selbst ein guter Kreis mit einer Güte von 250 bei einer Frequenz von 10 MHz (Welle 30 m) bereits eine Bandbreite von 40 kHz, und auch mit 3 Kreisen wäre für einen in 9 kHz Abstand arbeitenden Sender nur eine Abschwächung auf etwa 75% erzielbar!)

Wird bei dem Superhet nach Bild 13 der Kreis I für die Mittel- bzw. Langwellen-Rundfunksender abstimmbar

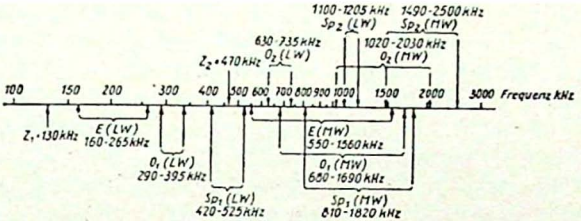


Bild 16

ausgeführt (mit Umschaltung nach Bild 20 in Bd. IV) und der Oszillatorkreis II für jeweils um die Zwischenfrequenz höhere Frequenzen, so können wir zu jeder Empfangsfrequenz E auch eine Oszillatorfrequenz O einstellen, die zur Zwischenfrequenzbildung führt, für eine Zwischenfrequenz Z_1 von 130 kHz z. B. (Bild 16) müßte II für den Empfang des Langwellenbereiches (E[LW]) zwischen 160 und 265 kHz auf Oszillatorfrequenzen O_1 (LW) zwischen 290 und 395 kHz abstimmbar sein, für den Empfang der mittleren Rundfunkwellen (MW) zwischen 550 und 1560 kHz wäre entsprechend ein Oszillatorfrequenzbereich von O_1 (MW) zwischen 680 und 1690 kHz notwendig. Die Spiegelfrequenzen (Empfangsfrequenz plus doppelter Zwischenfrequenz) liegen — Sp_1 (LW) bzw. (MW) — zwischen 420 und 525 bzw. zwischen 810 und 1820 kHz.

Bei einer gewählten Zwischenfrequenz Z_2 von rund 470 kHz (damit sie noch genügend weit von der niedrigsten Empfangsfrequenz des Mittelwellenbereiches und der höchsten des Langwellenbereiches entfernt liegt), werden die in Bild 16 mit O_2 (LW) und (MW) sowie die mit Sp_2 (LW) und (MW) bezeichneten Oszillator- bzw. Spiegelfrequenzbereiche auftreten, d. h. der Mittelwellenbereich wird auf eine niedrigere Frequenz (höhere Welle), der Langwellenbereich dagegen auf eine höhere Frequenz (niedrigere Welle) transponiert. Daß man die Oszillatorfrequenz nicht kleiner als die Empfangsfrequenz wählt,

hat zweierlei Gründe. Für 160 kHz Empfangsfrequenz und 130 kHz Zwischenfrequenz müßte sie dann ja (E—Z) 30 kHz betragen, und das würde sehr große, teure Spulen erfordern, bei 500 kHz Zwischenfrequenz würde das aber nicht mehr gehen, denn dann brauchte man sozusagen eine „negative Oszillatorfrequenz" (E—Z = — 340!), die es ja gar nicht gibt. Nur bei Kurzwellen wird manchmal die niedrigste Oszillatorfrequenz angewandt.

Von den in Bild 16 angegebenen Zwischenfrequenzen von 130 und 470 kHz wird in neueren Empfängern nur noch die um 470 kHz verwendet. Bei der niedrigen ZF braucht man für die normalen Anforderungen an Spiegelsicherheit zwei Vorkreise, bei der hohen ZF kommt man meist mit einem aus. Eine unangenehme Tatsache bei der hohen ZF ist allerdings, daß der Spiegelfrequenzbereich Sp_2 (LW) für Langwellenempfang in den Mittelwellenbereich hineinfällt, wo eine Menge starker Sender arbeitet. Es kann dann zu Pfeifstellen kommen, die bei der normalen Spiegelselektion nicht mehr hinreichend unterdrückt werden. Anstatt nun einen zusätzlichen Vorkreis zu verwenden, bedient man sich eines Kunstgriffes: da beim Langwellenempfang oberhalb 265 kHz keine Rundfunkstationen mehr arbeiten, schaltet man in den Antennenkreis ein Sieb (vgl. Bd. III, S. 33) ein, das alle höhe-

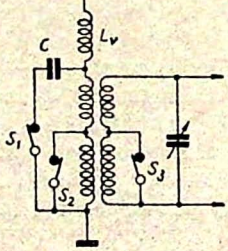


Bild 17

ren Frequenzen — also auch die Spiegelfrequenzen — sehr erheblich abschwächt. Zu diesem Zwecke läßt sich (Bild 17) die Antennenverlängerungsspule L_v zusammen mit dem passend gewählten Kondensator C (1,4 mH und etwa 100 pF) verwenden. Bei Langwellen sind die Schalter S_2 und S_3 offen, S_1 hingegen geschlossen. Bei Mittelwellenempfang muß diese „Spiegelfrequenzsperre" außer Betrieb gesetzt werden, dann ist S_1 offen und natürlich S_2 und S_3 geschlossen.

Erwähnt sei noch, daß man zur Sicherung gegen den unerwünschten Empfang von Telegraphiesendern auf der Zwischenfrequenz vielfach einen „Zwischenfrequenzsperr" - oder -saugkreis in die Antennenleitung schaltet. Ersterer setzt allen Zeichen auf der Zwischenfrequenz einen hohen Widerstand entgegen, letzterer bildet für alle Zeichen auf der Zwischenfrequenz einen Kurzschluß und leitet sie zur Erde ab. Beide verhindern also das Eindringen nennenswerter Störspannungen über die Antennenspule in den Empfänger. Zur Unterdrückung des beim Empfang mit großer Bandbreite hörbaren Überlagerungstons zweier frequenzbenachbarter Sender, der meist 9 kHz beträgt, schaltet man in den NF-Verstärker noch einen auf 9 kHz abgestimmten Kreis an geeigneter Stelle ein („9-kHz-Sperre").

Moderne Röhren für den Superhet

Der Vorteil des Superhets, die Erzielung großer Trennschärfen und hoher Verstärkungsziffern, wird leider zunächst teilweise durch die große erforderliche Röhrenzahl aufgewogen. Schon frühzeitig ist daher die Röhrenindustrie darangegangen, zwei getrennte Röhrensysteme in einen gemeinsamen Kolben einzubauen (sog. „Verbundröhren"), wobei eine durchgehende Katode für beide, gegeneinander abgeschirmte Teile, dient. So gibt es

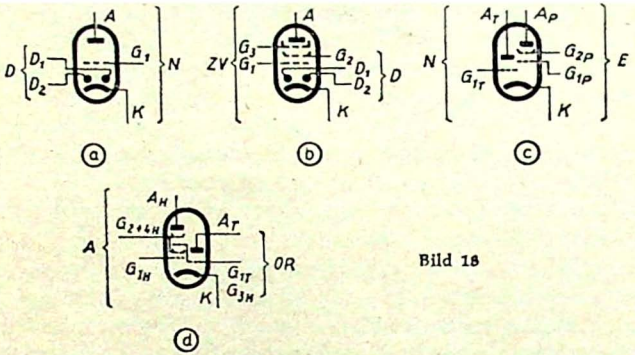


Bild 18

z. B. „Doppelzweipol-Dreipolröhren" die über eine Katode Gitter und Anode einer Dreipolrohre, über der Verlängerung der Katode oder auch noch die zwei Anoden einer Doppel-Zweipolröhre enthalten (Bild 18 a). Eine solche Röhre könnte also an Stelle der Röhren D und N in Bild 13 eingesetzt werden. Es gibt auch „Doppelzweipol-Fünfpolröhren" (Bild 18 b), die wiederum die Röhren ZV und D ersetzen würden. Da auch Röhren mit zusammengebautem Dreipol- und Vierpolsystem gebaut werden (Bild 18 c), die die Funktionen der Röhren N und E in Bild 13 übernehmen, könnte schon mit vier Röhren ein Superhet erstellt werden. — Aber auch am „ersten Detektor" ist noch mancherlei verbesserungsbedürftig. Die Zwischenfrequenzbildung erfolgt ja hier durch die Gleichrichterwirkung von A (hier könnten auch eine Zweipolröhre, ein Detektor oder ein Anodengleichrichter an Stelle des Audions angewandt werden!). Das bedeutet Arbeiten längs eines gekrümmten Teils der Röhrenkennlinie, daher Auftreten von Verzerrungen der Hochfrequenz und Oberschwingungsbildung. Auch der Oszillator wird nicht immer oberschwingungsfrei arbeiten können. Das führt evtl. zu Überlagerungen auch zwischen

den Oberschwingungen von Oszillator und Empfangsfrequenz, so daß wiederum unerwünschte Pfeifstellen entstehen, die sich nicht mehr beseitigen lassen. Viel vorteilhafter wäre es daher, die Röhre A in einem möglichst geradlinien Kennlinienbereich, also oberschwingungsfrei arbeiten zu lassen.

Wir haben die Ähnlichkeit der Vorgänge bei der Modulation und bei der Überlagerung kennengelernt (s. Bd. III, S. 11 ff.). Moduliert man eine Frequenz (O) von 2000 kHz mit einer solchen (E) von 1500 kHz, so ergeben sich zwei Seitenbandfrequenzen, nämlich 500 kHz und 3500 kHz. Letztere interessiert uns nicht weiter, weil sie ja von den auf 500 kHz abgestimmten Zwischenfrequenzkreisen nicht verstärkt wird. Wie man durch eine Gitterspannung Röhrenmodulation ausführt, wurde schon auseinandergesetzt (S. 18), man brauchte also nur einen passenden Röhrentyp, der auf geradlinigem Kennlinienteil arbeitet und dabei die Modulation bzw. Mischung der Empfangs- mit der Oszillatorfrequenz unter Zwischenfrequenzbildung durch Beeinflussung der Gitterspannung ergibt. Versieht man eine Röhre mit zwei Gittern und gibt an das eine die Empfangsfrequenz, an das andere die Oszillatorfrequenz, so wird der Anodenstrom von beiden beeinflußt, im Anodenkreis ist daher auch die Zwischenfrequenz vorhanden. In der Tat hat man „Doppelgitterröhren" auch für diese Zwecke mit herangezogen, ebenso Schirmgitterröhren. Ihnen haften aber noch verschiedene Nachteile an. Erstens wird in einer solchen Schaltung der Innenwiderstand der Röhre klein, man braucht also (wie in Bild 13) einen Übertrager zur Anpassung an den nächsten Schwingkreis (vgl. Bd. IV, S. 18), außerdem ist die „Mischverstärkung" (d. h. das Verhältnis der an die nächste Röhre gelieferten ZF-Spannung zur Empfangswechselspannung) bzw. die „Mischsteilheit".

(Verhältnis des ZF-Anodenstromes zur Empfangsgitterwechselspannung) klein.

Da im Anodenkreis der „Mischröhre" bereits der erste Kreis eines Bandfilters vorgesehen werden soll, ist ein hoher Innenwiderstand notwendig, weshalb man wieder zum Schirmgitter greift. Schließlich ist es unerwünscht, daß die Oszillatorwechselspannung (in Bild 13) über den Kreis I zu einem gewissen Teil auch in die Antenne zurückübertragen und daher von dieser ausgestrahlt wird, denn das gibt u. U. Störungen in Nachbarempfängern. Auch das kann verhindert werden, indem man ein Schirmgitter anwendet. So ergibt sich eine Röhre mit vier Gittern: an Gitter 1 liegt die Empfangsspannung, dann folgt ein Schirmgitter (2), dann das Gitter 3, an das die Oszillatorspannung gelangt, abermals ein Schirmgitter (4) und endlich die Anode. Eine solche Röhre heißt „Sechspolröhre" (Hexode") und hat sehr günstige Mischeigenschaften. Sie ist ziemlich weitgehend frei von Pfeifstörungen, hat einen hohen Innenwiderstand und eine hohe Mischsteilheit („Konversionssteilheit", S_c).

Gelingt es nun, auch noch diese Sechspolröhre mit der für den Oszillator notwendigen Dreipolröhre in einem Kolben zu vereinigen, so kommt man mit insgesamt nur drei Röhren für den Superhet Bild 13 aus und kann obendrein noch einen ZF-Kreis mehr anwenden (statt P). Diese Röhren, es sind also „Dreipol-Sechspolröhren" („Trioden-Hexoden", Bild 18d) werden heute ausschließlich angewandt. Das dritte Gitter des Sechspolteils (G_{3H}) ist dabei u. U. innerhalb der Röhre gleich mit dem Gitter des Dreipolteils (G_{1T}) verbunden, ebenso sind die beiden Schirmgitter des Sechspolteils untereinander verbunden (G_{2+4H}), die Katode geht wieder durch beide Systeme hindurch.

In Batteriegeräten finden sich bei regelbarer Mischstufe noch vereinzelt Röhren mit sechs Gittern, „Acht-

polröhren oder Oktoden", genannt. Eine interessante Verbundröhre wurde ferner für neuzeitliche AM/FM-Empfänger mit der EABC-Type geschaffen, die zur AM-Gleichrichtung eine Diodenstrecke enthält, zur NF-Vorverstärkung ein Triodensystem und zur FM-Gleichrichtung eine Duodiode.

Mit je einer Röhre nach Bild 18d, einer nach Bild 18b und nach 18c läßt sich ein Dreiröhrensuperhet bauen. Wendet man außer der Mischröhre (Bild 18d) noch eine normale Fünfpolröhre (ZV in Bild 13), eine Röhre nach Bild 18a und eine Fünfpolröhre an, so entsteht ein Vorläufertyp, der Vierröhrensuperhet. Bei Netzempfängern zählt eventuell noch die Gleichrichterröhre hinzu, die heute allerdings mehr und mehr vom Trockengleichrichter verdrängt wird.

Verstärkung — selbsttätig geregelt

Auch beim Superhet nach Bild 13 müßte man irgendeinen Lautstärkerregler vorsehen, einerseits um Übersteuerung der Endröhre, andererseits, um Übersteuerung der Mischröhre und damit Pfeifstellen zu vermeiden. Dieser könnte aus einem Ohmschen oder kapazitiven Antennenregler (Bd. IV, S. 39) bestehen, es wäre aber auch denkbar, dazu eine Vorröhre zu verwenden, die eine Regelkennlinie aufweist und mit deren Gittervorspannung man die Verstärkung in weiten Grenzen regeln kann. Stets aber muß dieser Regler vom Rundfunkhörer richtig eingestellt werden, d. h. man muß beim Übergang der Abstimmung von einem schwachen zu einem starken Sender „zudrehen", umgekehrt beim Übergang von einem starken zu einem schwachen Sender „aufdrehen". Auch die Erscheinung des „Empfangsschwundes" („Schwund" oder „Fading"), die manchmal die Laut-

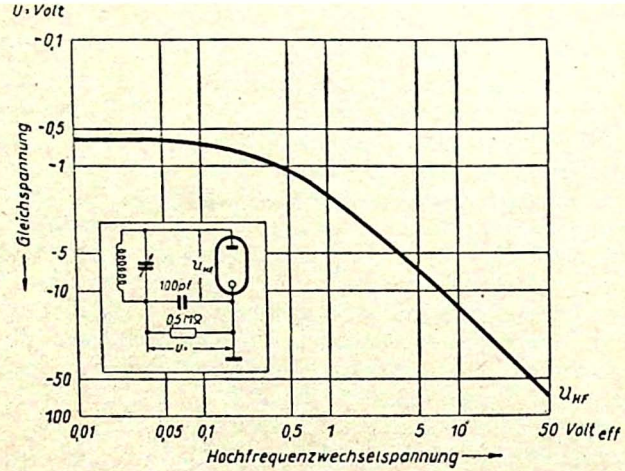


Bild 19

stärke eines empfangenen Fernsenders innerhalb weiter Grenzen schwanken läßt, macht eine Neueinstellung erforderlich.

Es wäre daher viel einfacher, den Empfänger so zu bauen, daß er mit allen — auch den geringsten — Empfangsstärken eine ausreichende Lautstärke liefert und dann jeweils durch eine automatische Regelvorrichtung nur gerade soviel seine Verstärkung „aufdrehen" ließe, wie gerade gebraucht wird. Soll das mittels einer Regelröhre erfolgen, so muß man eine Gleichspannung an irgendeiner Stelle des Empfängers gewinnen, die mit wachsender Empfangsstärke negativer wird. Da an dem Anodenende des Belastungswiderstandes einer Zweipolröhre, die als Demodulator oder als „ZF-Gleichrichter" (zweiter Detektor) verwendet wird, eine negative Spannung liegt und diese mit steigender Hochfrequenzwechselspannung negativer wird, also gegenüber der

Nulleitung absinkt (Bild 19), kann diese dazu herangezogen werden.

An Bild 20 ist eine grundsätzliche Anordnung wiedergegeben. Die Regelröhre Rr liefert ihre verstärkte Hochfrequenzwechselspannung an den nachfolgenden Verstärker V (HF-oder ZF-Verstärker mit Mischröhre) und dieser wiederum gibt die erheblich verstärkte Spannung an die Zweipolröhre D ab. Verbindet man nun, wie das hier geschehen ist, das Gitter von Rr (über die Spule und den Widerstand R_s) mit dem negativen Ende des Belastungswiderstandes R von D, so wird diese mit stärker werdendem Empfang negativer werdende Spannung die durch R_k eingestellte „Grundgitterspannung" der Regelröhre erhöhen, deren Verstärkung also herunterregeln. Entsprechend sinkt der Anodenstrom der Röhre Rr (J). Es leuchtet ein, daß man durch Anwendung mehrerer Regelröhren in einem Empfänger — so z. B. als Vorröhre und ZF-Röhre im Superhet — den Grad der Regelung verbessern kann. Ganz wird man auf diese Weise allerdings nie in der Lage sein, die am Belastungswiderstand R des Demodulators auftretende Tonfrequenzwechselspan-

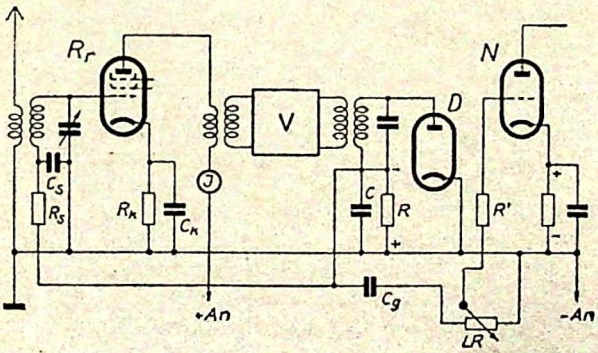


Bild 20

nung konstant zu halten, denn ein gewisser Überschuß an Verstärkung muß ja zur Regelung immer vorhanden sein. Es gibt einen Kunstgriff, auch diesem Nachteil abzuhelfen. Man wendet dann nämlich nicht nur die „Rückwärtsregelung" in einer solchen Schaltung nach Bild 20 für „Schwundausgleich" bzw. „selbsttätige Lautstärkenregelung" an, sondern ersetzt die Niederfrequenzröhre N durch eine Regelröhre und gibt auch an sie die Regelspannung. Da ihre Verstärkung mit der Erzeugung der Regelspannung nichts mehr zu tun hat, läßt sich durch diese zusätzliche „Vorwärtsregelung" erreichen, daß die an das Gitter der Endröhre gelangende Tonfrequenzwechselspannung unabhängig von der Stärke des empfangenden Senders praktisch konstant bleibt.

Verschiedene Einzelheiten sind noch wichtig. Zunächst: An R entsteht beim Rundfunkempfang nicht nur eine Gleichspannung, sondern dieser ist eine Wechselspannung überlagert, die über den Kondensator C_g der NF-Röhre (Gitterableitung LR, Hochfrequenz-Sperrwiderstand R') zugeführt wird. Es ist aber unerwünscht, daß auch die Regelspannung für Rr mit Tonfrequenz schwankt. Aus diesem Grunde wird der Widerstand R_s zusammen mit dem Kondensator C_s verwendet (der gleichzeitig den Schwingkreis für Hochfrequenz schließt). Beide zusammen bilden ein Sieb für die Tonfrequenz.

Beide haben aber auch noch eine andere wichtige Funktion. Wir sagten schon, daß der Schwundausgleich Schwankungen in der Amplitude der Trägerfrequenz ausgleichen soll. Auch die Modulation ist eine solche Schwankung, und wenn wir alle Schwankungen unterdrücken würden — hätten wir damit auch die Modulation beseitigt! Der Widerstand R_s lädt aber den Kondensator C_s auf, und das erfordert eine gewisse Zeit, ebenso die Entladung, wenn die Regelspannung sich ändert. Diese Zeit (die „Zeitkonstante" $C_s \cdot R_s$) macht man groß genug, daß auch

die niedrigsten Modulationsfrequenzen noch nicht beeinflußt werden, zu groß darf diese Ansprechzeit allerdings wiederum auch nicht werden, denn dann würden schnelle Schwankungen nicht mehr ausgeregelt (besonders im Kurzwellenbereich kommt häufig sehr schneller Schwund vor).

Nicht alle Sender arbeiten mit gleichem Modulationsgrad, und nicht zu allen Zeiten und überall kann man gleichlaut hören, etwa so laut, wie das durch volle Aussteuerung der Endröhre im Empfänger an sich möglich wäre. Dazu ist ein Lautstärkeregler erforderlich, der so eingeregelt wird, daß die Lautstärke den gewünschten Wert hat. Das Ausgleichen von Schwankungen besorgt dann die automatische Regelschaltung. Man verwendet meist, wie das in Bild 20 gezeigt ist, die Gitterableitung der NF-Röhre hierzu und bildet sie als regelbaren Spannungsteiler aus. Der Unterschied zwischen diesem niederfrequenzseitigen und dem hochfrequenzseitigen Lautstärkenregler der Geräte ohne Schwundausgleich ist also offensichtlich.

Erhöht man bei einem Empfänger ohne Schwundausgleich bei voll aufgedrehter Verstärkung die antennenseitig zugeführte, modulierte Hochfrequenzwechselspannung nach und nach, so wird die Endröhre schließlich übersteuert. Bis kurz davor verläuft die sich ergebende Linie, die die Abhängigkeit der Endröhren-Anodenwechselspannung von der Eingangsspannung zeigt, ziemlich geradlinig, dann aber, bei Übersteuerung der Endröhre, biegt sie um. Andererseits beginnt die Regelung in einer Schaltung nach Bild 20 bereits bei den allerkleinsten Eingangswechselspannungen wirksam zu werden, meist reicht dann die zur Verstärkung dieser geringsten Spannungen verfügbare Verstärkungsreserve nicht mehr aus. Da der Empfang bei so kleinen Spannungen sowieso für

gewöhnlich nicht betrieben wird, ein Schwundausgleich hier also weniger wichtig wäre, bei Gelegenheit jedoch statt dessen eine größere Verstärkung in diesem Bereich erwünscht sein kann, läßt man den Schwundausgleich bis zu einer bestimmten Eingangsspannung gar nicht wirksam werden, sondern erst oberhalb derselben.

Man braucht zu diesem Zwecke nur der Anode der die Regelspannung liefernden Zweipolröhre eine negative Vorspannung gegenüber der Katode zu erteilen, denn dann muß die von V an die Zweipolröhre abgegebene Hochfrequenzwechselspannung ja zuerst einmal größer werden als diese Spannung, ehe sie an R eine gleichgerichtete Spannung erzeugen kann. In der Praxis erfolgt das vorwiegend mittels Katodenwiderstandes (positiver Katodenvorspannung) und eines Hilfswiderstandes (vgl. Bd. IV, Bild 15c), doch ist das bei Verbundröhren gar nicht notwendig, denn dort wird ja die Katode durch Katodenwiderstand sowieso positiv gemacht („hochgelegt"). Mit einem solchen Schwundausgleich mit „verzögertem Regeleinsatz" läßt sich eine besser verlaufende selbsttätige Regelung erzielen: Bis zum Regeleinsatz verläuft die Kurve wie bei einem Empfänger ganz ohne Schwundausgleich, dann biegt sie jedoch beim Regeleinsatz ab und verläuft flach weiter. Bei Geräten mit mehreren Regelröhren werden diese teilweise verzögert, teilweise unverzögert geregelt, manchmal auch mit unterteilter Regelspannung. Fast alle Mischröhren weisen am Empfangsgitter eine Regelkennlinie auf, sie können also durch die Regelung mit beeinflußt werden, allerdings ist hier u. U. — speziell bei Anwendung auf dem Kurzwellengebiet — Unterteilung der Regelspannung ratsam, da zu weitgehende Regelung bei Mischröhren, die ja noch den Oszillatorteil mit enthalten, leicht zu Änderungen der Oszillatorfrequenz („Frequenzverwerfung") führt.

In Geräten mit Vorstufen kann, sofern diese die gesamte Regelspannung erhalten, auf volle Regelung der Mischröhre verzichtet werden, diese ist nur erforderlich, wenn keine Vorröhre verwendet wird, um dann die Mischröhre vor Übersteuerung bzw. Steuerung in den Gitterstrombereich zu schützen.

Eine praktisch als ideal zu bezeichnende Regelkurve wird bei einem Gerät mit Vorröhre erhalten, die voll und verzögert geregelt ist, während die Mischröhre ebenso wie die ZF-Röhre nur $^1/_3$ der verzögerten Regelspannung und die ebenfalls geregelte NF-Röhre die volle unverzögerte Regelspannung erhalten. Wenn jetzt die Eingangsspannung in den Grenzen 1 zu 10 000 (10 μV bis 100 mV) schwankt, ändert sich die Ausgangsspannung nur im Verhältnis von etwa 1 zu 3, was von dem gegen geringe Lautstärkenunterschiede ziemlich unempfindlichen Ohr kaum als störend empfunden wird.

Bei der „Verzögerung" des Regeleinsatzes trennt man die Demodulation von der Regelspannungserzeugung, beispielsweise mittels einer Doppelzweipolröhre in einer Schaltung nach Bild 21 a. Die Zweipolstrecke D_1K arbeitet mit dem direkt zur Katode zurückgeleiteten Widerstand R_1 als normaler Demodulator und liefert über den Kondensator C die Niederfrequenzspannung NF an die NF-Röhren des Gerätes. Die Katode ist aber durch den Katodenwiderstand R_K im Verein mit dem Hilfswiderstand R_H (aus der Anodenstromquelle An) positiv vorgespannt (Verzögerungsspannung U_v) und da der Belastungswiderstand R_2 der zweiten Zweipolstrecke D_2K an das negative Ende von R_k angeschlossen ist, spricht dieser Röhrenteil erst auf Spannungen an, die größer sind als U_v. Meist wird diese für die Regelspannungserzeugung (HF, M, ZF für Hochfrequenz-, Misch- und Zwischenfrequenzröhre, N für die NF-Röhre) verwendete Zweipol-

strecke über einen Kondensator an den ersten Kreis des (letzten) ZF-Bandfilters (I) angeschlossen, während die für die Demodulation verwendete natürlich an den zweiten Kreis (II) angekoppelt wird. Soll eine Röhre unverzögert geregelt werden, so nimmt man die Regelspannung bei UR ab. Für die Unterteilung der Regelspannung wird (Bild 21 b) der Belastungswiderstand R_2 der Zweipolstrecke D_2K unterteilt.

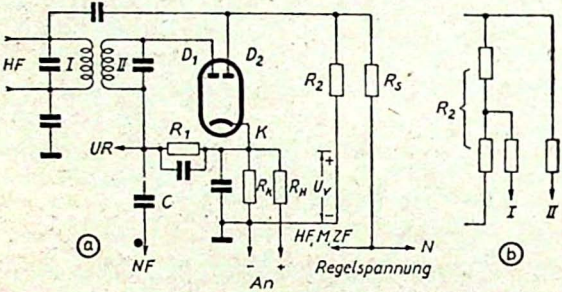


Bild 21

Die Empfindlichkeitsmessung von Rundfunkgeräten erfolgt derart, daß bei einer am Ausgang geforderten Sprechleistung von 50 mW (Milliwatt) die HF-Spannung bestimmt wird, die man mit einem zu 30% (mit 400 Hz) modulierten Sender den Eingangsklemmen zuführen muß, um diese 50 mW tatsächlich zu erzielen. Bei Telegraphieempfängern verlangt man eine Ausgangswechselspannung von 1 Volt an einem Widerstand von 4000 Ω und mißt dementsprechend die zu deren Erzeugung erforderliche Eingangsspannung. So kommt es, daß ein Empfänger mit einer Empfindlichkeit von 10 μV besser ist als einer mit 50 μV Empfindlichkeit, denn letzterer braucht ja eine höhere Spannung, weil er weniger verstärkt, also unempfindlicher ist.

Richtige Abstimmung — sichtbar gemacht

Bei einem Empfänger ist es natürlich wichtig, daß genau auf die Trägerfrequenz abgestimmt wird, damit die beiden Seitenbänder unverfälscht wiedergegeben werden, denn bei Abstimmung auf eine Seitenbandfrequenz würde diese gegenüber den anderen Frequenzen zu stark hervorgehoben werden und das Resultat wäre verzerrter Empfang. Es gibt mancherlei Möglichkeiten, um solche Fehlabstimmungen und die sich daraus ergebenden Verzerrungen zu vermeiden. Am einfachsten wäre eine optische Anzeige richtiger Abstimmung. In Bild 20 ist bereits der Weg hierzu angedeutet: Der Anodenstrom einer Regelröhre ändert sich während der Regelung, und da bei genauer Abstimmung auf die Trägerfrequenz eines Senders die Regelspannung am negativsten, d. h. der Anodenstrom der Regelröhren am kleinsten wird, läßt sich der Zeigerausschlag des Anodenstrommessers J in Bild 20 oder die Länge der Lichtsäule in einer vom Anodenstrom gesteuerten Glimmröhre für die „Abstimmanzeige" verwenden.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, den von der Glühkatode einer Röhre ausgehenden Elektronenstrom auf einen positiv geladenen Metallschirm fallen zu lassen, der mit einem bei Elektronenaufprall aufleuchtenden Material bestrichen ist. Die Breite der Leuchterscheinung auf diesem „Leuchtschirm" wird dann durch Beeinflussung der Elektronen gesteuert. Das kann derart erfolgen, daß man in den Weg der Elektronen ein Metallstäbchen stellt, das von der — evtl. verstärkten — Regelspannung aus der Zweipolröhre gesteuert wird. Ist das Stäbchen negativ gegenüber der Katode, so stößt es die Elektronen ab, und diese treffen innerhalb eines gewissen Sektors nicht mehr auf den Leuchtschirm, dort entsteht also ein Schattensektor, dessen Breite abhängig von

der Höhe der angelegten (Regel-)Spannung ist. Kehrt man die Spannung am Stäbchen („Steuersteg") um, indem man beispielsweise die Regelspannung dem Gitter einer Röhre zuführt, in ihren Anodenkreis einen Widerstand legt und dann die Spannung für den Steuersteg von der Anode abnimmt, so wird mit wachsender Regelspannung also Annäherung an den Zustand richtiger Abstimmung, die Stegspannung positiver, die Elektronen werden angezogen und der Schattensektor erscheint schmaler. Da beim Durchdrehen der Abstimmung eines Empfängers mit derartigem Abstimmanzeiger (Leuchtschirm und Steuersteg sowie das zur Umkehrung der Regelspannung benutzte Röhrensystem sind in einen gemeinsamen Glaskolben eingebaut) die Leuchterscheinung das Aussehen eines zwinkernden Auges annimmt, hat man derartigen Röhren die Bezeichnung „magisches Auge" gegeben. Teilweise wird das eingebaute Röhrensystem gleichzeitig noch zur NF-Verstärkung mit oder ohne Regelkennlinie herangezogen. Die neusten Abstimmanzeigeröhren arbeiten mit fächer- oder strichförmiger Anzeige, weshalb man hierfür die Bezeichnung „magischer Fächer bzw. magischer Strich" geprägt hat. Sie enthalten jedoch nur das Anzeigesystem.

Der Empfänger stimmt sich selbst richtig ab

Die Abstimmanzeige bei Empfängern mit Bandfiltern hat einen grundsätzlichen Fehler: die „Kuppe" der Resonanzkurven von Bandfiltern ist nämlich in Wirklichkeit flach (vgl. Bd. IV, S. 54), und man kann innerhalb dieses Bereiches die Abstimmung eine gewisse Strecke weiterdrehen, ehe sich die Abstimmanzeige ändert. Noch fehlerhafter wird es bei „eingesattelten" Resonanzkurven, denn dann zeigt der Höchstausschlag des Abstimmanzeigers die Abstimmung auf eine Kuppe, d. h. eine Fehlabstimmung

an (man müßte auf das zwischen beiden „Kuppen“ befindliche „Tal“ abstimmen!). Zwar läßt sich bei Anwendung von Bandbreitenregelung die Resonanzkurve durch losere Kopplung (Verringerung der Bandbreite) spitzer und die Abstimmanzeige eindeutiger machen, doch hat es sich als wünschenswert erwiesen, eine noch weitgehendere Vereinfachung zu treffen. Es ist z. B. eine sogen. „fühlbare Abstimmung“ entwickelt, bei der der Empfänger durch eine sinnreiche Vorrichtung stumm bleibt, solange nicht genau richtig abgestimmt ist. Beim Durchdrehen des Abstimmknopfes hält ein von der Regelspannung gesteuerter Magnet den Abstimmgriff stets dann fest, wenn auf irgendeinen stärkeren Sender genau abgestimmt ist, und in diesem Augenblick wird auch der Lautsprecher wieder freigegeben. Beim Weiterdrehen — was nach Überwindung eines kleinen Widerstandes möglich ist — wird der Empfänger wieder stumm usw. Man bekommt auf diese Weise (eine genaue Erklärung der Wirkungsweise der Schaltung verbietet sich hier aus Raumgründen) eine stets zwangsläufig richtige Abstimmung, d. h. der mögliche Abstimmfehler bleibt vom Ohr unbemerkt. Weiterhin wurden Schaltungen entwickelt, um bei einer geringen Fehlabstimmung die Empfängerabstimmung selbsttätig zu korrigieren, so daß sie scharf auf die Trägerfrequenz abgestimmt wird. Es gibt eine ganze Anzahl von Möglichkeiten, eine solche „automatische Scharfabstimmung“ durchzuführen; die am einfachsten zu übersehende soll an Bild 22a nachstehend kurz besprochen werden. Bei einem Superhet — die Anwendung erfolgt nur bei diesem Empfangsprinzip — sind, wie wir uns erinnern, die Frequenz des Oszillators und die Empfangsfrequenz für die Bildung der richtigen Zwischenfrequenz verantwortlich. Selbst wenn Vorkreise gar nicht vorhanden wären, ergäbe sich trotzdem die richtige Zwischenfrequenz. Die Bandbreite der Vorkreise oder eines etwa

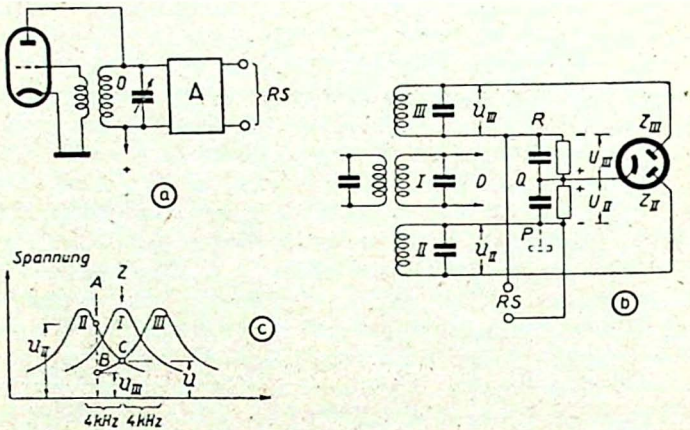


Bild 22

angewendeten Eingangsbandfilters ist ziemlich groß, so daß ein hinreichend kleiner Abstimmfehler nichts ausmacht.

Die Oszillatorfrequenz muß also bei einer verkehrten Abstimmung soweit nachgestimmt werden, daß der Fehler klein genug wird und nicht mehr stört. Es ist daher (Bild 22 a) zum Oszillatorkreis O noch irgendein Apparat A hinzuzuschalten, der die Nachstimmung ermöglicht. Wir hatten früher von der schädlichen Kapazität der Röhre gesprochen und dabei festgestellt, daß ihre Größe von der Verstärkung abhängig ist. Es wäre nun denkbar, diese schädliche Kapazität parallel zum Oszillatorkreis zu schalten und dadurch zu ändern, daß man — etwa bei Anwendung einer Regelröhre — eine Regelspannung anlegt, also auf diese Weise die Oszillatorabstimmung beeinflußt. Es gibt auch noch andere Röhrenschaltungen, die eine Abstimmänderung des Oszillators mittels Regelspannung ermöglichen.

Um eine Regelspannung zur Beeinflussung der Oszillatorabstimmung im richtigen Sinne zu erhalten, gibt es ebenfalls verschiedene Möglichkeiten, wir wollen hier diejenige herausgreifen, deren Erklärung ohne Anwendung von Mathematik möglich ist. In Bild 22 b findet sich außer dem ersten Abstimmkreis eines ZF-Bandfilters noch dessen zweiter Kreis (I), der ebenfalls auf die Zwischenfrequenz Z genau abgestimmt ist. Ferner sind noch zwei weitere Kreise angekoppelt, von denen der eine (II) auf eine rund 4 kHz zu kleine, der andere (III) auf eine rund 4 kHz zu große Frequenz abgestimmt ist. Die Resonanzkurven der drei Kreise haben also z. B. eine Lage wie in Bild 22 c. Wird der Oszillator des Superhets genau abgestimmt, so ergibt sich die Zwischenfrequenz Z, und die ZF-Wechselspannung am Kreise I wird am größten, diejenige an den beiden anderen Kreisen — wie Bild 22 c (Punkt C) ausweist — gleichgroß ($\mathfrak{U}$). Verstimmt man jetzt aber den Oszillator so, daß die Zwischenfrequenz um 3 kHz zu klein ist, so sinkt die Spannung an Kreis I (Punkt X), die an Kreis II wird größer (Punkt A) und die an Kreis III (Punkt B) natürlich kleiner. Der Zweipolstrecke Z_{II} (Bild 22 b) wird daher die große Wechselspannung $\mathfrak{U}_{II}$ zugeführt, und infolgedessen entsteht an ihrem Belastungswiderstand, d. h. zwischen Q und P eine große Gleichspannung U_{II} mit dem negativen Pol bei P. Andererseits ist die von Kreis III an die zugeordnete Zweipolstrecke Z_{III} gelieferte Wechselspannung $\mathfrak{U}_{III}$ – klein, und demzufolge wird auch die gleichgerichtete Spannung U_{III} klein, d. h. zwischen den Punkten Q und R tritt eine kleine, der zwischen P und Q liegenden großen, entgegengerichtete Gleichspannung auf. Mit anderen Worten: Punkt R wird gegenüber Punkt P positiv. Bei Fehlabstimmung „auf die andere Seite" ergäbe sich eine Umkehrung der ganzen Sache, und $\mathfrak{U}_{III}$— bzw. U_{III} würde größer als $\mathfrak{U}_{II}$ bzw. U_{II} werden, so daß dann R gegenüber

P negativ wird. Bei genauer Abstimmung sind die Spannungen gleich, es kann also zwischen P und R überhaupt kein Spannungsunterschied auftreten. Führt man diese um einen Nullwert veränderbare Regelspannung der „Nachstimmröhre" (A in Bild 22a) in geeigneter Weise zu, so regelt diese die Oszillatorfrequenz um den entsprechenden Betrag, so daß die Fehlabstimmung nur noch einen ganz geringen Wert hat und damit auch die Regelspannung nur noch ganz minimal sein kann.

Der Gipfel der Bequemlichkeit: Druckknopfabstimmung

Es gibt Leute, deren Bequemlichkeit so weit geht, zu erklären, ein Rundfunkempfänger hätte für sie erst dann Interesse, wenn man lediglich auf einen Knopf zu drücken brauche, um den gewünschten Sender zu hören. Die Techniker haben auch dieses Kunststück, die „Druckknopfabstimmung", gelöst, und es war grundsätzlich noch gar nicht einmal so schwierig. Bekanntlich ist ja die Abstimmung eines Kreises durch dessen Kapazität und Selbstinduktion festgelegt, man braucht also beispielsweise nur an eine feste Spule verschieden große Kapazitäten mittels Druckknopfschaltern anzuschalten, um Abstimmung auf verschiedene Frequenzen zu bekommen. Auch die Verwendung eines festen Kondensators und wahlweise anschaltbarer Spulen führt natürlich zum gleichen Ergebnis.

Eine grundsätzliche Mischröhrenschaltung für einen nach dem eben geschilderten Prinzip arbeitenden Druckknopfempfänger finden wir in Bild 23a. Mittels der Umschalter S_1 und S_2 läßt sich wahlweise auf die normale „Handabstimmung" (H) mittels der beiden Drehkondensatoren C_1 und C_2 (Wellenbereichschalter S) umschalten oder auf Druckknopfabstimmung (D), die Spulen

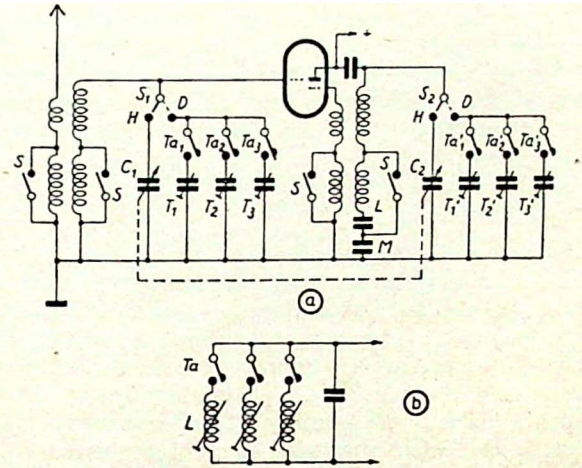


Bild 23

bleiben dieselben. Mittels der Tasten-Schalter Ta_1 bis Ta_3 für den Vorkreis, Ta_1' bis Ta_3' für den Oszillatorkreis, die mittels einer gemeinsamen Drucktaste zu betätigen sind, werden wahlweise die „Trimmer" T_1 bis T_3 bzw. T_1' bis T_3', kleine Kondensatoren, deren Kapazität innerhalb enger Grenzen nachstellbar ist (zum Ausgleich der auch bei sorgfältigster Fertigung immer etwas voneinander abweichenden Röhren- und Schaltungskapazitäten), zur Abstimmung auf bestimmte Frequenzen an die Spulen angeschaltet. Je nach zulässigem preislichen Aufwand ist es natürlich denkbar, für jeden irgendwie hörbaren Rundfunksender eine Taste mit entsprechenden Kondensatoren zu verwenden und dann die Drehkondensatoren ganz wegzulassen. In der Praxis wird das u. U. gemacht, allerdings beschränkt man sich dann auf eine Auswahl von

z. B. sechs bis acht besonders gut zu empfangenden Sendern. Eine Druckknopfschaltung mittels festen Kondensators und verschiedener (durch einen verstellbaren HF-Eisenkern innerhalb enger Grenzen nachstellbarer) Spulen L zeigt Bild 23b. Man nennt all diese Verfahren „Druckknopfabstimmung mittels vorabgestimmter Kreise" oder auch kurz „elektrische Druckknopfabstimmung".

Ein anderes Verfahren für die Druckknopfabstimmung ist denkbar: man bewegt mittels der Drucktaste einfach — etwa über einen Zahnbetrieb — den Drehkondensator bzw. die Drehkondensatoren des Empfängers rein mechanisch in die richtige Abstimmlage und sorgt dann durch einen passend eingestellten Anschlag dafür, daß nicht verkehrt abgestimmt wird, evtl. wendet man noch eine automatische Scharfabstimmung an. Auch diese Methode, die „mechanische Druckknopfabstimmung", wird in der Praxis angewandt, sie erfordert allerdings höchste mechanische Präzision und teilweise erheblichen konstruktiven Aufwand, so z. B., wenn man mittels Druckknopfs auch noch die Wellenbereichschaltung beim Übergang von Mittel- und Langwellensender mit bedienen will.

Als Abart der von Hand eingestellten mechanischen Druckknopfabstimmung — etwa vergleichbar den üblichen Schreibmaschinen — ist noch die „Motor-Druckknopfabstimmung" — vergleichbar elektrischen Schreibmaschinen — zu nennen, bei der lediglich ein Druckknopfschalter betätigt wird, während ein Elektromotor die richtige Einstellung der Drehkondensatoren durchführt. Auch hier werden hohe Anforderungen an mechanische Präzision gestellt und konstruktiv ist das Verfahren nicht einfach, so muß z. B. der Motor einmal rechts-, einmal linksherum laufen, um in der richtigen Richtung auf die gewünschte Abstimmung hin zu „fahren"

Die Motorabstimmung eignet sich besonders gut für die „Fernabstimmung", da ja von den Druckknöpfen zum Abstimmotor lediglich eine Anzahl von Leitungen führt, die weder Hochfrequenz noch Tonfrequenz führen, die daher beliebig lang gemacht werden können.

Bei beiden mechanischen Verfahren ist es zweckmäßig, daß man alle Drehkondensatoren gleichmäßig, d. h um den gleichen Winkel, dreht und nicht etwa jeden Drehkondensator für sich, denn das würde viel zu viel Aufwand erfordern und daher zu teuer werden. Hier liegt also das gleiche Problem vor wie auch für den Empfänger ohne Druckknopfabstimmung.

Abstimmung mit einem Knopf

Bei Mehrkreisempfängern ebenso wie bei Superhets würde es die Bedienung eines von Hand abgestimmten Empfängers sehr erschweren, wenn man jeden Drehkondensator für sich einstellen müßte. Die Abstimmkondensatoren werden deshalb in „Einknopfabstimmung" bedient. Bei einem Empfänger, der überhaupt nur einen Abstimmkreis hat, einem Einkreiser (meist mit Rückkopplung), braucht man natürlich keine besonderen Vorkehrungen für die Einknopfabstimmung. Bei einem Zweikreiser (Bd. IV, Bild 20) sollte man zunächst keine Schwierigkeiten vermuten, wenn man beide Drehkondensatoren durch eine gemeinsame Achse und diese über eine Abstimmskala bedient. Abgesehen vom Antenneneinfluß, dessen Beseitigung wir schon kennengelernt hatten, sind keine äußeren Einflüsse vorhanden außer u. U. verschiedene Röhren- und Schaltungskapazitäten. Selbst wenn genau gleiche Spulen und innerhalb sehr enger Fehlergrenzen miteinander übereinstimmende Drehkondensatoren verwendet werden, wird also durch die Verschieden-

heit der parallel zu den Kreisen liegenden Zusatzkapazitäten ein Auseinanderlaufen der Abstimmung bemerkbar, und zwar natürlich um so mehr, je kleiner an sich die Kapazität des Abstimmkreises ist. Abhilfe wird durch (Bild 24) parallel zu den Drehkondensatoren C_1 und C_2 der

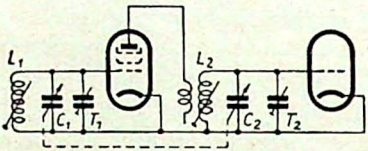


Bild 24

Kreise geschaltete kleine Zusatzkondensatoren, „Trimmer" (T_1, T_2) erreicht, deren Kapazität etwa zwischen 3 und 30 pF nachstellbar ist. Diese werden dann bei einer hohen Frequenz des betreffenden Abstimmbereiches so eingestellt („hingetrimmt"), daß beide Kreise auf Resonanz sind, also die Unterschiede in den unkontrollierbaren Kapazitäten des Gerätes ausgeglichen, die Kreise in „Gleichlauf" sind („C-Abgleich"). Voraussetzung ist dabei, daß die Selbstinduktionen der Spulen L_1, L_2 miteinander übereinstimmen, man kann aber auch — etwa durch verschiebbare HF-Eisenkerne — die Spulen abgleichbar machen und dann auf einer niedrigen Frequenz des betreffenden Frequenzbereiches abgleichen („L-Abgleich"). Die Erzielung der Einknopfabstimmung bei einem Geradeausempfänger, dessen sämtliche Kreise ja auf die gleiche Frequenz abgestimmt sein müssen, bietet also — einwandfreie und zeitlich konstante Teile vorausgesetzt — keine besonderen Schwierigkeiten.

Ganz anders sieht die Sache beim Superhet aus. Da sind zunächst einmal die Frequenzen im Oszillatorkreis von denen im Vorkreis verschieden (vgl. Bild 16). Es wäre

denkbar (Bild 25a), beide Drehkondensatoren (C_1 und C_2) auf eine Achse zu setzen, dafür aber die Induktivität L_2 im Oszillatorkreis entsprechend kleiner zu machen als die im Vorkreis (L_1). Das Ergebnis dieser Einstellung von L_2 etwa für die niedrigste Frequenz eines Bereiches, ist in Kurve I von Bild 25b zu sehen. Dort ist die mit „Frequenz" bezeichnete Achse die Linie, längs derer eigentlich die Oszillatorabstimmung verlaufen sollte, wenn sie im genauen Gleichlauf ist. Kurven, die nach oben oder nach unten davon abweichen, deuten auf entsprechende Fehler im Gleichlauf hin, deren Größe links in kHz angeschrieben ist. Die Kurve I hat überhaupt nur an einem Punkt den Fehler Null, sonst weicht sie — und zwar außerordentlich stark — von der waagerechten Sollkurve ab. Auch wenn wir den geschilderten Induktivitätsabgleich am anderen Ende des Frequenzbandes vornehmen, ist der Fehler noch undiskutabel hoch (Kurve II).

Kehren wir nochmals zu Bild 16 zurück: dort ist zu erkennen, daß die Bereiche für die Oszillatorfrequenz ja durchweg kleiner sind als diejenigen für die Empfangsfrequenz. Wir müßten vor allen Dingen den Abstimmbereich des Oszillatorkreises gegenüber dem des Vorkreises einengen, um den Gleichlauffehler zu vermindern. Das wäre beispielsweise dadurch möglich, daß man dem Drehkondensator C_2 im Oszillatorkreis (Bild 25c) einen passenden Festkondensator P parallelschaltet. Wie die Kurve III aus Bild 25b lehrt, wird der Fehler dann viel kleiner und es ergibt sich bei zwei Frequenzen gar kein Fehler mehr (sog. „Zweipunkt-Gleichlauf"). Durch entsprechende Dimensionierung und Einstellung ließe sich auch ein Verlauf der Kurve erreichen, wie er strichpunktiert angedeutet ist (III'), und auf diese Weise wäre der maximale Fehler der Kurve III nochmals zu halbieren. Für den gezeichneten Fall ist er aber selbst

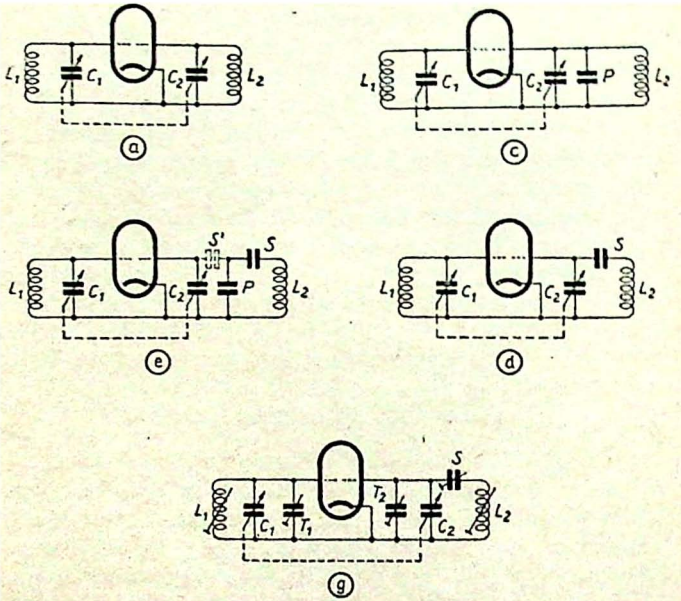
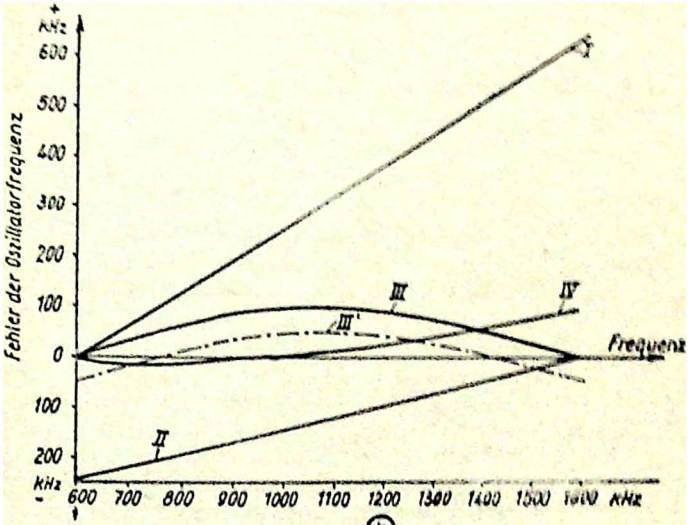


Bild 25 a, c, d, e, g

dann immer noch zu groß. Lediglich bei gegenüber der Empfangsfrequenz niedrigen Zwischenfrequenzen (z. B auf Kurzwellen) und verhältnismäßig kleinen Abstimmbereichen — insbesondere also bei „Bandabstimmung" bzw. Bandspreizung — läßt sich der Zweipunkt-Gleichlauf mit Erfolg anwenden.

Es gibt auch noch eine andere Art, den Abstimmbereich im Oszillatorkreis zu verkleinern, nämlich durch Serienschaltung eines Festkondensators (S) zum Abstimmkondensator C_2 (Bild 25d). Auch für diesen Fall finden wir die Fehlerkurve (IV) in Bild 25b. Sie lehrt, daß zunächst der



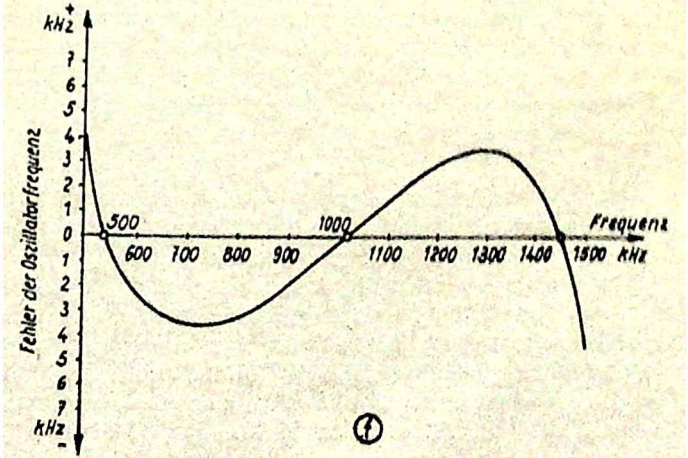


Bild 25 b und f

Fehler recht gering ist, dann aber größer wird, nachdem er einmal zu Null geworden ist. Da der linke Teil der Kurve nach oben verläuft, ließe sich durch Verschiebung der Kurve nach rechts ein zweimaliges Auftreten des Fehlers Null erreichen. Gelänge es nun, den rechten Teil von IV, der zu große Fehler ergibt, auch wieder nach unten umzubiegen (etwa entsprechend Kurve III'), so müßte in einem dritten Punkt der Fehler verschwinden und der maximale Fehler sich in erträglichen Grenzen halten. Zu diesem Zwecke ist es erforderlich, sowohl einen Parallelkondensator P wie einen Serienkondensator (S oder S') anzuwenden, wie das Bild 25e zeigt. Dann ergibt sich z. B. eine Fehlerkurve nach Bild 25f (Achtung auf den Maßstab für den Fehler), der maximale Fehler wird also sehr klein im Vergleiche zu denen in Bild 25b. Dieses Verfahren wendet man meistens in der Praxis an, natürlich werden dann die Parallelkondensatoren (u. U. für jeden Wellenbereich einer) als Trimmer ausgebildet, um sie passend einstellen zu können (Bild 25g), und auch die Spulen — evtl. sogar die Serienkondensatoren („Serientrimmer") — sind zur richtigen Einstellung günstigsten „Dreipunkt-Gleichlaufs" (drei Punkte ohne Fehler) nachstellbar. Für verschiedene Wellenbereiche werden die Serienkondensatoren umschaltbar (z. B. M und L in Bild 23a) ausgeführt.

Auch die Anwendung eines Spezial-Drehkondensators im Oszillatorkreis, der jeweils die richtige Kapazität zur Erzielung genauer Abstimmung auf die jeweils benötigte Oszillatorfrequenz aufweist, ist möglich und wird teilweise durchgeführt, es ergeben sich aber insofern Schwierigkeiten, als man auf diese Weise nur schlecht für zwei umschaltbare Wellenbereiche Gleichlauf erzielen kann; für den Langwellenbereich begnügt man sich dann vielfach mit dem unvollkommeneren Zweipunkt-Gleichlauf.

Schlußwort

Wir sind am Schlusse unseres Weges durch die Rundfunktechnik angelangt. An vielen wichtigen Punkten konnten wir länger verweilen, manche Seitenwege zu beschreiten verbot jedoch die notwendige Platzbeschränkung. Sicher werden dem Leser, der bis zum Schluß durchgehalten hat, manche Probleme in ihren inneren Zusammenhängen klarer geworden sein, vor allen Dingen aber dürfte er sich nach der Lektüre dieses Büchleins in die Lage versetzt sehen, auch schwierigeren Fragen zuleibe zu gehen, und er wird danach streben, sein Wissen über dieses oder jenes Gebiet — besonders wenn es in diesem Buche nur kurz gestreift werden konnte — zu erweitern und zu vertiefen. In der nachstehenden knappen Übersicht sind daher einige Bücher zusammengestellt, die hierfür in Betracht kommen. Das Stichwortverzeichnis gestattet schnelles Auffinden des Bändchens (römische Ziffern) und der Seite, wo eine Erläuterung zu finden ist.

Schrifttum

Handbuch für Hochfrequenz- und Elektrotechniker
C. Rint,
Verlag für Radio-Foto-Kinotechnik GmbH., Berlin-Borsigwalde

Radiotechnik für Alle
H. Richter,
Franckh'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart

Schule des Funktechnikers
A. Günther und H. Richter,
Franckh'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart

Stichwortverzeichnis

(Die römischen Ziffern bezeichnen das Bändchen, die arabischen die Seitenzahl)

Abgleich V 54
— C- V 54
— L- V 54
Abschirmung IV 59
Absorptionskreis III 10
Abspielnadel II 14
Abstimmanzeige V 45
Abstimmkreis II 45
Abstimmschärfe II 55
Abstimmung
— automatische Scharf- V 47
— Druckknopf- V 50
— Einknopf- V 53
— Fern- V 53
— fühlbare V 47
— Hand- V 50
Akku(mulator) I 32
Allstromröhren III 38
Ampere I 23
Amperemeter
— Hitzdraht- I 42
— Mikro- I 50
— Milli- I 50
Amplitude I 63
Anode III 26
Anodenbatterie III 44
Anodengleichrichter III 64
Anodenrückwirkung III 56
Anodenstrom III 26, III 45
— Anodenspannungs-Kennlinie III 46
— Gitterspannungs-Kennlinie III 46
Anodenwechselspannung III 47
Anodenwechselstrom III 47
Anodenwiderstand III 48
Anpassung IV 13
Antenne II 63, III 4
— Empfangs- III 6
— Ganzwellen- II 64
— Halbwellen- II 63
— Marconi- III 4
— Normal- IV 31
— Rahmen- III 7
— Sende- III 6
— Viertelwellen- III 4
Antenneneinfluß IV 34
Antennenverkürzung III 6
Arbeit I 40, II 30
— skennlinie III 50
— spunkt III 47
Atom I 9
Audion III 62, IV 23
— komplex V 16
Ausnutzungsgrad IV 14
Aussteuerbereich III 59

Band
— Frequenz- III 17
— breite II 57, IV 44 IV 51
Bandbreitenregler IV 55
Bandfilter IV 58, V 46
— Zweikreis- IV 58
Bandspreizung IV 47
Bariumoxyd III 27
Batterie I 30
— Anoden- III 45
— Gittervorspann- III 44
Bieger II 14
Blindlast II 41
Bremsgitter III 60
Brumm III 35
— abstimmbarer III 37
— beseitigung III 35
Brücke
— Wheatstonesche I 46
— Meß- I 46
Bürste II 15

Charakteristik III 26
Coulomb I 11, I 13, I 23

Dämpfung II 54
— sreduktion V 6
Demodulation III 42
Demodulator IV 24
Detektorempfänger III 42
Detektor
— erster V 26
— zweiter V 26
Dielektrikum I 15
Dielektrizitätskonstante I 15
Diode III 24
Dipol II 63
Doppelzweipolröhre III 44
Dreheiseninstrument I 52
Drehspulinstrument I 50
Dreipolröhre III 52
Drosselspule II 26, II 39
Duodiode III 44
Durchgriff III 48
Durchlaßrichtung III 40
Dyn I 10

Edisoneffekt III 20
Eingitterröhre III 52
Einkreiser IV 25
Einsattelung IV 53
Eisen
— drossel II 28
— kern II 20
— HF II 20
Elektrizität I 5, I 7, I 10, I 11, I 19, I 23, I 24
— negative I 7
— positive I 7
— smenge I 12
Elektromotorische Kraft I 26
Elektronen I 9, I 22, III 19
— Emission III 21
— Primär- III 60
— Sekundär- III 58
Elektrometer I 7
Elektromotor I 49
Element I 26
— Beutel- I 30
— Primär- I 32
— Sekundär- I 32
— Trocken- I 30
Emission III 39
— Elektronen- III 21, III 39
EMK I 26
— Gegen- II 31
Empfänger
— Geradeaus IV 21, IV 25
— Transponierungs- V 27
— Überlagerungs- III 19
Empfindlichkeit V 44
Entdämpfung V 9
Entkopplung II 21
Entzerrung V 22
Erde III 4
Ersatzbild II 51

Fading V 37
Fanggitter III 60
Farad I 12, I 13
— Mikro- I 12
— Piko- I 12
Feld
— elektrisches II 59
— magnetisches I 46, I 48, I 54, II 59
— wicklung III 36
Filterglied III 34
Formieren III 27
Frequenz I 58, III 9
— band III 18
— bereich IV 47
— gang IV 9
— Grenz- IV 8
— Hoch- I 61
— Höchst- I 61
— Kreis- II 17
— Nieder- I 61
— Ton- I 61
— Ultra-Hoch- I 61
Frequenzmesser III 10
— Heterodyne- III 19
— Schwebungs- III 19
— Überlagerungs- III 19
Frequenzverwerfung V 42
Funkpeilung III 7

Galvanometer I 50
Galvanoskop I 49
Gegenkopplung V 8, V 21
— sfaktor V 22
Geschwindigkeit III 9
Gitter III 44
— Anodenkapazität III 55
— Brems- III 60
— Fang- III 60
— Gleichrichter III 62
— Raumlade- III 56
— Schirm- III 58
— Schutz- III 58
— strom III 45
— vorspannung IV 27
— — automatische IV 28
— wechselspannung III 48
Gitterwiderstand, maximaler IV 9
Glättung III 32, III 35
Gleichlauf V 54
— Dreipunkt- V 58
— Zweipunkt- V 55
Gleichrichter
— Anoden- III 64
— Gitter- III 62
— Kupferoxydul- III 41
— Selen- III 40
— Sperrschicht- III 41
— Trocken- III 40
Gleichrichtung
— Einweg- III 31, III 34
— Doppelweg- III 32, III 36
— Spitzen- III 30
Gleichstrom
— pulsierender II 16, III 27
— zerhackter II 24
Glühdraht III 21
Glühkatode III 26
Glühlampe I 38
Grundgitterspannung V 39
Grundschwingung III 32, IV 11
Grundwelle II 64
Güte II 49, IV 43, IV 64, V 9

Harmonische III 33, IV 11
Heizfaden IV 25, IV 26
Heizspannung III 26
Heizung
— Parallel- III 38
— Serien- III 38
Henry II 26
— Milli- II 26
— Mikro- II 26
Hertz I 60
— Kilo- I 60
— Mega- I 60
Heterodyneempfang III 19
Hilfssender III 18
Hochfrequenz I 61
— sperre IV 38
— verstärker IV 21
— Ultra- I 61
Höcker IV 56
Huth-Kühn-Schaltung IV 64
Hz I 61

Induktion I 57
Innerer Widerstand III 48
Interferenz III 19
Isolator I 19

Kapazität I 12, I 14
— Eigen- II 63
— Gitter-Anoden- III 55
— Kopplungs- II 61
— schädliche III 55
— verteilte II 63
Kapazitätsänderung IV 47
Katode III 26
— direkt geheizte III 39
— indirekt geheizte III 39
— mittelbar geheizte III 39
— nspannung IV 27
— nwiderstand IV 28
— Oxyd- III 27
— Schnellheiz- III 39

Katode, Spar- III 28
— unmittelbar geheizte III 39
Kennlinie III 24, IV 10
— Anodenstrom-Anodenspannungs- III 46
— Anodenstrom-Gitterspannungs- III 46
— Arbeits- III 50
— Gitterstrom- III 63
— Kurzschluß- III 46
kHz I 61
Kilowatt I 40
— stunde I 41
Kirchhoffsche Regel I 36
Klangfärber V 22
Klemmenspannung III 49
Klirrfaktor IV 11
Klirrgrad IV 11
Kommutator II 15
Komponente
— kapazitive II 52
— Ohmsche II 50
Kondensator I 15, I 19, II 32, II 33, II 42, II 45, II 47
— Becher- I 17
— Block- I 18
— Differential- IV 39
- Dreh- I 18
- Elektrolyt- I 16
- Fest- I 18
- induktionsarmer I 15
- keramischer I 16
- Kopplungs- III 51
— Lade- III 29, III 43
— Luft- I 17
— Quetsch- I 18
— Röhrchen- I 17
— Silberglimmer- I 16
— Trimmer- I 19
— Überbrückungs- IV 15
— Verkürzungs- III 7
— Wickel- I 15
Konversionssteilheit V 36
Kopfhörer II 11
Kopplung IV 56
— Antennen- IV 31
— aperiodische Antennen- IV 31
— Drossel-Kondensator- III 52
— gemischte IV 57
— induktive II 60
— induktive Antennen- IV 31
— induktive Strom- IV 57
— kapazitive II 61
— kapazitive Spannungs- IV 57
— kapazitive Strom- IV 57
— Kondensator-Widerstands- III 51
— kritische IV 56
— LC- III 52
— optimale IV 20
— RC- III 51
— sfaktor II 22
— skapazität II 61
— Sperrkreis- IV 16
— Widerstands-Kondensator-Übertrager- IV 7
Kraftlinien I 46, I 54, II 29, II 30
Kreis
— Absorptions- III 10
— Abstimm- II 54
— Strom- I 26
Kristalldetektor III 40
Kritischer Abstand III 60
Kupferoxydul III 41
Kurvenschar III 46
Kurzschlußstrom III 48
Kurzwellen III 9

Ladekondensator III 29, III 43
Ladung I 10, I 11
Langwellen III 9
Lautsprecher II 12
— Bändchen- II 13
— elektrodynamischer II 13, III 36
— Freischwinger- II 12
— magnetischer II 12
— permanent-dynamischer II 13
Lautstärkenregler IV 39, V 41
LC-Kopplung III 52
Lechersche Drähte III 10
Leerlaufspannung III 48
Leistung I 40
— Blind- II 37
— effektive II 44
— sverstärker V 17
— Verlust- IV 14
— Wirk- II 41
Leiter I 19
Leitfähigkeit I 22
Leitung I 19
Leuchtschirm V 45
Luftspalt IV 7

Magisches Auge V 46
Magnet I 46, I 54, I 56,
— Elektro- I 48
Maschine
— Hochfrequenz- II 18
— Wechselstrom- II 15
Mehrkreisempfänger IV 50
Meßinstrument I 7, I 41, I 49, I 50
— schreibendes I 63
Meßwandler II 21
MHz I 61
Mikrophon II 7
— Bändchen- II 11
— dynamisches II 11
— Kohle- II 8
— Kondensator II 9
— Kristall- II 9
— Widerstands- II 8
Mikrofarad I 12
Mindestpegel III 14
Mischsteilheit V 35
Mischverstärkung V 35
Modelung III 13, IV 50
— sgrad III 13
Modulation III 13, III 41
— Anodenspannungs- V 16
— Bremsgitter V 17
— Gitterspannungs- V 17
— Schirmgitter V 17
—— sgrad III 13
— slinie V 17
— stiefe V 17
—Ton- III 41
Moleküle, I 8, III 20
Motor
— Elektro- I 49

Nebenschluß I 52
Netzanschlußteil III 35
Neutralisation IV 63
Nichtleiter I 19
Normal III 10
— Antenne IV 31

Oberwelle II 64
Ohm I 24
— sches Gesetz I 24, I 32
Oszillator III 18, V 24
Oszillograph I 64
— Katodenstrahl- I 64
Oxyd
— Barium- III 27
— katode III 27

Parallelschaltung
— von Kondensatoren II 38
— von Widerständen I 35
Peilempfänger III 7
Peilrahmen III 7
Pentode III 60
Pfeifneigung IV 62
Pfeifstelle V 27
Phase I 62, II 36
Phasen-Verschiebung II 36, II 40
— Winkel II 49
Piezo-Effekt II 10
Pikofarad I 12
Polschuh I 49
Potentiometer I 44
Pseudodämpfung IV 19

Quarz
— Filter- IV 64
— Oszillator- IV 64
— resonator IV 64
— Schwing- IV 64

Rahmenantenne III 8
Rahmenempfang III 7
Raumladegitter III 56
Raumladung III 22
RC-Kopplung III 51
Recorder II 14
Reflexschaltung IV 38
Regeleinsatz
— verzögerter V 42
Regelung
— Rückwärts- V 40
— selbstätige Lautstärken- V 40
— Vorwärts- V 40
Resonanz II 45
— frequenz II 46
— kurve II 57, IV 16, IV 44, IV 48, IV 50, V 9
— Parallel- II 46
— Serien- II 45
— schärfe IV 43
— Streu- IV 5
— überhöhung IV 43
Reststrom I 17
Richtantenne III 7
Richtverstärker III 64
Richtwirkung III 7, III 64
Röhre IV 14
— Allstrom- III 38
— Bremsgitter III 60
— Doppelgitter III 56
— Doppelzweipol-Dreipol- V 34
— Doppelzweipol-Fünfpol- V 34
— Dreipol- III 52
— Dreipol-End- III 59
— Dreipol-Sechspol- V 36
— Eingitter- III 52
— End- IV 13
— Fünfpol-End- III 60
— Fünfpol-Regel- IV 40
— Fünfpol-Schirm- III 59
— Lautsprecher- IV 13
— Misch- V 35
— Nachstimm- V 50
— Raumladegitter III 56
— Regel- IV 40
— Schirmgitter- III 59
— Sechspol V 36
— Verbund- V 33
— Vierpolschirm- III 59
— Zweipol- III 24
Rotor I 18
Rückkopplung V 7, V 9
— induktive V 13
— kapazitive IV 62, V 13
— saudion V 11
— sfaktor V 9
— skondensator V 13
Rückmodelung III 41
Rückstrom III 40
Rundfunkbereich IV 29

Sammler I 32
Schaltung
— „kurz" IV 31
— „lang" IV 31
— Parallel- I 33
— Serien- I 27
Scheinwiderstand II 49
Schirmgitter III 58
Schleifdraht I 46
Schleifring II 15
Schneiddose II 14
Schutzgitter III 58
Schwebung III 16
— sempfang III 19
— slücke III 19
— snull III 19
Schwingaudion V 14
Schwingkreis II 41, II 45, II 52, II 59, IV 15, IV 41
— geschlossener II 61
— offener II 62
Schwingneigung IV 63
Schwingung I 60
— elektromagnetische III 6
— gedämpfte II 54
— ungedämpfte II 54
— seinsatz, harter V 12
— seinsatz, weicher V 14
— serzeuger II 53
Schwund V 37
— ausgleich V 40
Sägezahn III 30
Sättigungsstrom III 23
Saugkreis II 45
Seitenbänder III 18
Seitenbandfrequenzen III 18
Selbsterregung V 14, V 24
Selbstinduktion II 26, II 29, II 43
— skoeffizient II 26
— sspannung II 29
— sspule II 25, II 26, II 30
Selbstunterbrecher I 48
Selbstüberlagerung V 14
Selektivität II 55
Selen III 40
Sender III 7
— Maschinen- V 15
— mehrstufiger V 17
— Röhren- V 16
— Steuer- V 17
— Telegraphie- V 18
— Telephonie- V 17
Serienschaltung
— von Kondensatoren II 38
— von Widerständen I 27
Shunt I 52
Siebglied III 34
Siebkette III 34
Siebkondensator III 34
Siebwiderstand III 34
Sinuslinie II 19
Spannung I 12, I 22, I 39
— Effektiv- II 35
— Gleich- I 59
— Heiz- III 26
— Klemmen- I 27
— Leerlauf- I 28
— Wechsel- I 59
— sabfall I 28, I 43
— sbauch II 62
— sgefälle I 43
— sknoten II 62
— steller I 44
Spannungsverstärkung III 50
Sperrkreis II 46

Spiegelfrequenz V 27
— selektion V 22, V 29
— sicherheit V 39
— sperre V 33
— störung V 27
Spitzengleichrichtung III 30
Spule I 56
— Antennenverlängerungs- II 26, IV 33
— Drossel- II 26
— Eisen- II 27
— Primär- II 20
— Sekundär- II 21
— Selbstinduktions- II 25, II 26, II 30
Stator I 16
Steilheit III 52
— Arbeits- III 52
Stimmgabel III 16
Strahlung III 6
— swiderstand III 6, V 16
Streuung II 22
Streuinduktivität II 22, IV 5
Streuresonanz IV 6
Strom I 20, I 22, I 23, I 25, I 39, II 29, II 30
— bauch II 62
— Effektiv- II 35
— Gleich- I 59, II 15
— gleichgerichteter III 28
— Hochfrequenz-Wechsel- II 15, II 17
— knoten II 62
— kreis I 26, II 30
— Kurzschluß- I 29
— quelle I 56
— Sättigungs- III 23
— Schirmgitter- III 57
— schwingender I 58
— Wechsel- I 59, II 14
— wender II 15
Superhet V 27 V 54

Tangens Delta II 50
Tetrode III 59
Thorium III 27
Tonabnehmer II 14, IV 38
Trägerfrequenz III 17
Trägerwelle III 13
Transformator II 20
— Hochfrequenz II 20, IV 19
— Luft- II 20
— Netz- II 20
— NF- IV 5
— Niederfrequenz- II 21, IV 5
— Spar- IV 25
— Tonfrequenz- II 20
Trennschärfe II 55, IV 17, IV 44, IV 48, IV 64, V 10, V 28
Trimmer I 19, V 51, V 54
— Serien- V 58
Triode III 52

Überlagerer III 18
Überlagerungsempfang III 19
Übersetzungsverhältnis II 23, IV 4
Übersteuerung IV 11
Übertrager II 20, IV 4, IV 53
— Resonanz- IV 55
Umspanner II 20

Vakuum III 21
Vektor II 59
Verbindung I 19
Verlustwinkel II 50
Verstärker
— HF- III 55, IV 60
— Leistungs- IV 13
— wirkung III 48
Verstärkung V 37
— Hochfrequenz- III 55
— Spannungs- III 50
— sfaktor III 48
— sregelung IV 39
Verstimmung II 55
Verzerrung II 7
— lineare IV 9
— nichtlineare IV 10
Volt I 13
Voltmeter I 26, I 50
Vorkreis V 27
Vormagnetisierung IV 7
Vorselektion V 28

Wackelkontakt II 5
Watt I 40
— Kilo- I 40
— sekunde I 40
Wechselrichter II 25
Wechselspannung I 59
— Anoden- III 47
Wechselstrom I 59, II 15
— Anoden- III 47
— erzeuger III 48
— sinusförmiger II 19
Weicheiseninstrument I 52
Welle-Träger III 11
— Lang- IV 29
— Mittel- IV 29
— nbereichumschaltung IV 30
— nlänge III 9
— nmesser III 10
Welligkeit III 31, III 43
Wendeschaltung IV 38
Widerstand I 21, I 24, I 36, I 37, I 38, I 42, II 33, II 39, II 42, II 43
— äußerer I 27, III 48
— Anoden- III 48
— Blind- II 37
— Draht- I 37
— Eisen-Urdox I 38
— Eisen-Wasserstoff I 38
— Gitter- III 47
— Gitterableit- III 51
— innerer I 27
— komplexer II 49
— negativer V 5
— nichtlinearer III 25
— optimaler Außen- IV 12
— Schein- II 49
— Schicht- I 37
— spezifischer I 21, I 24
— Vorschalt- I 50
— Wechselstrom II 37
— Wirk- II 41
— s-Kondensatorkopplung III 51
— sverstärkung III 50
Widerstände parallel I 35
— in Serie I 27
Wiedergabe IV 51, IV 52
Wirklast II 41
Wirkungsgrad IV 14
Wolfram III 27

Zeitkonstante V 46
Zerhacker II 25
— Umformer II 25
ZF-Gleichrichter V 38
— Zweikreiser IV 25
Zweikreis-Dreiröhren-Empfänger IV 35
Zwischenfrequenz V 26
— bandfilter V 26
— empfänger V 27
— sperrkreis V 33
— verstärker V 26
9-kHz-Sperre V 33

Stichwortverzeichnis

Stand: Sommer 1959

In dieser Reihe erscheinen preiswerte, reichhaltig, auch mehrfarbig illustrierte Bücher, die von bewährten Fachleuten verfaßt sind.

„Die Lehrmeister-Bücherei, die Hunderte von Schriften aus den verschiedensten Gebieten umfaßt, können wir allen Lesern bestens empfehlen für Lektüre und Selbststudium."

Neues Polizei-Archiv.

„In vielen Bücherschränken haben sich die kleinen Bändchen der Lehrmeister-Bücherei einen Stammplatz erobert."

Hanauer Anzeiger.

„Die Lehrmeister-Bücherei des Albrecht Philler Verlages, Minden/Westf., die eine bekannte und beliebte Fundgrube für Liebhaber und Praktiker ist, bietet für jedermann eine ihm gemäße Anregung."

Der Holzwurm.

Im Albrecht Philler-Verlag sind folgende Fachbücher erschienen:

Schaltungsbuch der Fernmeldetechnik
von Dr. Ing. Fritz Hahn, im Taschenbuchformat
Bd 1: Signal-, Alarm- u. Fernüberwachungsanlagen, 5. Auflage, 272 S., 165 Schaltb., Hln. 5,80
Bd. 2: Fernsprech-, Telegrafen- u. Stromversorgungsanlagen. 5. Aufl., 272 S., 165 Schaltb., Hln. 5,80

Die Grundlagen der Arithmetik und Algebra, von Paul Preutenborbeck, 176 S., 51 Abb., Din A 5 4,40
dazu das Lösungsheft 1,50

Zuschnitte und Schablonen, Fachzeichnen für blechverarbeitende Berufe, v. Walter Schröter. 2. Auflage, 252 S., 85 Tafeln, 195 Abb., Din A 5, cellophaniert 6,60

Einführung in das technische Zeichnen, von J. Randoll, 5. Auflage, 128 S., 34 Tafeln, 24 Abb., Din A 5 3.80

Automation mit und ohne Elektronik von Siegfried Jahn, 248 S., 224 Abb., Din A 5, auf Kunstdruck, in flexiblem Plastikeinband 13,80

Nr.

Affen als Zimmergenossen und im Zoo, 76 S., 2,— 19
Angelsport, 96 S., 1,50 23
Antennen, Teil I, Empfangsantennnen, 104 S., 2,— 2021
—, Teil II, Sendeantennen, 136 S., 2,50 2023
Antriebsmotoren s. Elektro-Technik
Aquarium (Anhang Fischkrankh.), 56 S., 1,— 48
Aquarienfischzucht, 64 S., 1,25 1029
Aquarienpflanzen, 96 S., 2,— 67
Gartenteich u. Freilandaquarium, 64 S., 1,— 115
Lebendfutter für Aquarien- und Terrarientiere, 96 S., 2,— 17
Zierfische, Warmwasserfische, 64 S., 1,25 70
—, Kaltwasserfische, 48 S., 1,— 136
Astrologie, 104 S., 2,— 932

Backrezepte, Neuzeitliche, 48 S., 1,- 1149
Basteln s. a. Bauen, Elektro-Technik, Flugsport, Werkzeugmaschinen, Tischbahn
Bastarbeiten, 80 S., 1,50 150
Bastelarbeiten f. Kinder, 96 S., 1,50 645
Bauen
Baukunde, 176 S., 3,— 429
Betonarbeiten f. Hof u. Garten, 88 S., 1,25 512
Fallnester, 32 S., 1,—, 391
s. a. Geflügel
Gartenbänke u. Tische, 56 S., 1,- 994
Gartenteich u. Freilandaquarium s. Aquarium
Gartenvolieren, 48 S., 1,25 1075
s. a. Vögel
Geflügelställe, 88 S., 1,50 967
s. a. Geflügel
Mein kleines Gewächshaus 48 S., 1,— 306
Handwerkl. Winke f. Haus, Hof u. Garten, 128 S., 1,50 1346
Kaninchenställe, 56 S., 0,75 460
s. a. Haustiere
Lauben u. Gartenhäuser, Selbstbau, 64 S., 1,50 406
Tischlerarbeit, 48 S., 0,75 133
Wochenend- u. Jagdhäuser, 88 S., 2,— 405
Beeren s. a. Obstbau
Beeren, Schädl. u. Krankh. an — 430
s. Schädlingsbekämpfung

Nr.

Beerensträucher, 48 S., 1,— 231
Beerenweinbereitung s. Getränke
Benimm dich gut, 104 S., 2,— 955
Betonarbeiten s. Bauen
Bienenzucht, Praktische —, 176 S., 3,- 11
Monatskalender f. Imker, 64 S., 1,- 178
Billardspiel, 88 S., 1,50 1290
Blumen
Blumenschmuck im Heim, 88 S., 1,50 131
Blumenzwiebeln und Knollen, 96 S., 1,50 509
Kakteen, 64 S., 2,— 870
Orchideen, 84 S., 2,50 464
Pflanzenfamilie der Kakteen, 176 S., 3,— 872
Die Rose, 80 S., 1,50 747
Schädlinge der Rosen s. Schädlingsbekämpfung
Saatbuch f. Blumen s. Gartenbau
Sommerblumen, 88 S., 2,— 814
Die schönsten Stauden, 64 S., 1,50 114
Steingartenstauden, erscheint Herbst 1959 269
Bodenprüfen s. Gartenbau
Bodenverbesserung u. Düngung, 104 S., 2,— 634
Bowlen, Erfrisch.- u. Heißgetränke, 48 S., 1,— 743
Boxen, aber richtig, 80 S., 1,25 1132
Boxer, Der Deutsche —, 56 S., 1,— 503
s. a. Hunde
Bridge, Anleitung und Regeln, 40 S., 0,75 981
—, Das Bieten beim —, 48 S., 1,— 983
Briefmarkensammeln, 72 S., 2,50 1131

Campingwinke s. Wandertips
Canasta, 24 S., 0,75 964
s. a. Kartenspiele
Champignonzüchter, Der praktische —, 72 S., 1,— 146
Chow-Chow, 40 S., 1,— 6
s. a. Hunde
Cocker-Spaniel
erscheint im Sommer 1959 507

Dackel s. Teckel, 88 S., 1,50 506
Denksportaufgaben, 48 S., 1,— 926
Doppelkopf s. Kartenspiele
Drachenbau, 32 S., 0,75 989

Nr.

Düngen s. Gartenbau, Gemüsebau, Obstbau

Dynamos s. Elektro-Technik

Elektromotoren s. Elektro-Technik

Elektronen-Röhren, Teil I: Grundlagen, 176 S., 2,50 2025

— Teil II: Praktische Anwendung, 140 S., 2,50 2027

Elektro-Technik

Antriebsmot. f. Bastler und Siedler, 40 S., 0,75 1000

Selbstanfertg. u. Betrieb kl. Elektromot., 40 S., 0,75 699

Elektronenstrahl-Oszillograph, 184 S., 3,50 706

Einfache Fernschaltung, 96 S., 2,- 702

Kleintransformatoren, Berechn. u. Selbstbau, 64 S., 1,— 1027

Kurzschluß-Läufermot. f. Dreh- u. Wechselstrom, 96 S., 1,50 1024

Selbstbau elektr. betrieb. Lokomotiven u. Schiffe, 48 S. 0,75 944

Relais in der Praxis, 80 S., 1,50 700

Spielzeug- u. Kleindynamos, 92 S., 1,50 972

Spielzeug- u. Kleinmotoren, Berech. u. Konstruktion, 112 S., 2,— 990

Elektrische Zählgeräte, 96 S., 2,— 704

Einmachen der Gemüse u. Pilze, 64 S., 1,— 343

— von Fleisch, Wild, Geflügel u. Fischen, 48 S., 1,— 1319

— von Obst, 56 S., 0,75 3

Gelee- u. Marmeladenbereitung, 48 S., 0,75 4

Enten, 64 S., 1,—, s. Geflügel 262

Erdbeere, Kultur der —, 40 S., 0,75 240

Erfolgsbücher

Arbeite erfolgreich, 64 S., 1,50 1550

Benimm dich gut, 104 S., 2,— 955

Erfolgreich verhandeln, 64 S., 1,50 1552

Gedächtnismeisterschaft, 112 S., 2,- 33

Gute Vorgesetzte, gute Mitarbeiter, 80 S., 1,50 1560

Praktische Menschenkenntnis, 64 S., 1,50 1554

Redner bei Vereins- u. Familienfesten, 116 S., 2,— 1186

Sich selbst verkaufen (bewerben), 64 S., 1,50 1556

Soll ich mich selbständig machen? 64 S., 1,50 1553

Nr.

Erfrischungsgetränke, 48 S., 1,— 743
s. Getränke

Eulen, s. Vögel

Fallnester, 32 S., 1,— 391

Farbenlehre, Prakt. —, 118 S., 2,50 1316

Fernschaltung, Selbstbau s. Elektro-Technik

Fernsehen gestern — heute — morgen, 128 S., 2,50 1045

Flugsport

Drachenbau, 32 S., 0,75 989

FAI-Leistungssegelflugmodell „Flamingo", Klasse A 2, 56 S., 2,50 604

Anfänger-Segelflugmodell „Eule", 32 S., 1,50 600

Kraftflugmodell „Brummer", 100 S., 2,75 606

Segelflugmodell f. Fortgeschrittene „Marabu", 36 S., 2,— 602

Einführung in den Segelflugsport, 160 S., 3,— 1109

Thermik-Segelflugmodell „Marabu A 2", 32 S., 2,— 603

Übungs-Segelflugzeug „Grunau-Baby", 100 S., 2,— 1343

Fotozelle s. Glimmröhre

Freilandterrarium, 56 S., 1,— 959

Fremdwörterbuch, 152 S., 2,50 280

Fruchtsaft- u. Süßmostbereitung, 48 S., 0,75 345

Frühbeet (Neubearbeitung erscheint Sommer 1959) 260

Fütterung des Hausgeflügels, 48 S., 1,— 1013

— der Kleintiere, 120 S., 2,— 97

Fußball, 64 S., 1,25 132

Gänse, 64 S., 1,—, s. Geflügel 262

Gartenbau s. a. Blumen, Gemüse, Obstbau, Schädlingsbekämpfung.

Bodenverbesserung und Düngung, 104 S., 2,— 634

Der Hausgarten, 40 S., 0,75 1

Pflanzenvermehrung, 64 S., 1,— 243

Rasenanlage u. -pflege, 64 S., 1,— 304

Saatbuch, 124 S., 2,— 631

Schutz- und Zierhecken, 56 S., 1,25 230

Der Steingarten, 56 S., 2,— 268

Vermessen und Bodenprüfen, 56 S., 1,— 784

Ziersträucher, 48 S., 1,— 78

Nr.

Gartenbänke u. Tische, 56 S., 1,— 994
Gartenhäuser s. Bauen, 64 S., 1,50 406
Gartenteich und Freiland-aquarium, 64 S., 1,— 115
Gartenvolieren, 48 S., 1,25 1075
Gebrauchshund, 52 S., 1,— 500
Gebrauchsmuster s. Patente
Gedächtnismeisterschaft, 112 S., 2,— 33
Geflügel s. a. Hühner, Tauben
Geflügel, künstliche Brut und Aufzucht, 48 S., 1,— 130
—, natürliche Brut und Aufzucht, 48 S., 1,— 1336
Fallnester, 32 S., 1,— 391
Fütterung des Hausgeflügels, 48 S., 1,— 1013
Geflügelkrankheiten, 80 S., 1,50 92
Geflügelställe, 88 S., 1,50 967
Landwirtschaftl. Geflügelzucht, 72 S., 1,— 95
Monatskalender f. Geflügelzüchter, 64 S., 1,— 9
Puten, Gänse u. Enten, 64 S., 1,- 262
Ziergeflügel, 68 S., 2,— 190
Geleebereitung, 48 S., 0,75 4
s. Einmachen
Gemüsebau, 128 S., 2,— 38
Der praktische Champignonzüchter, 72 S., 1,— 146
Düngerrezepte, 48 S., 1,— 43
Düngung des Gemüsegartens, 56 S., 1,— 322
Kartoffelbau, 48 S., 1,25 1065
Das Frühbeet 260
Saatbuch f. Gemüse s. Gartenbau
Schädlinge u. Krankheiten am Gemüse, 88 S., 1,50 433
Spargelbau, 48 S., 1,— 294
Getränke
Bowlen, Erfrisch.- und Heißgetränke, 48 S., 1,— 743
Fruchtsaft- u. Süßmostbereitung, 48 S., 0,75 345
Obst- u. Beerenweinbereitung, 120 S., 1,50 716
Gesellschaftsspiele im Zimmer, 48 S., 0,75 54
Denksportaufgaben, 48 S., 1,— 926
Go-Spiel, 64 S., 1,50 670
Heitere Mathematik u. Rechenscherze, 68 S., 1,50 795
Leitfaden des Schachspiels, 136 S., 2,— 191

Nr.

Schachendspiele, 56 S., 1,— 1153
Schreib- und Würfelspiele, 80 S., 1,25 55
Zaubertricks im Plauderton, 80 S., 2,— 928
Gewächshaus, Mein kleines —, 48 S., 1,— 306
Glimmröhre u. Fotozelle, 128 S., 2,- 2011
Goldhamster, Der Syrische —, 24 S., 0,75 27
Go-Spiel, 64 S., 1,50 670
Gratulant, Der kleine, 96 S., 1,— 900

Hausgarten, 40 S., 0,75 1
Haustiere s. a. Geflügel, Kaninchen, Tauben.
Fütterung der Kleintiere, 120 S., 2,- 97
Katze, Haltung u. Pflege, 64 S., 1,25 884
Pferde u. Pferdesport, 120 S., 2,50 28
Das Schaf, 48 S., 1,— 402
Schweinezucht u. -haltung, 48 S., 1,— 65
Tierzucht u. -fütterung in Faustzahlen, 80 S., 1,25 98
Die Ziege, 48 S., 1,— 336
Hausschädlinge u. Schmarotzer, 80 S., 1,50 435
Heilpflanzen, 240 S., 4,— 1325
Heißgetränke, 48 S., 1,— 743
s. Getränke
Hühner s. a. Geflügel
Ertragreiche Hühnerzucht, 72 S., 1,— 225
Hühnerrassen, 80 S., 1,25 723
Zwerghühner, 64 S., 1,25 728
Hunde, Aufzucht junger —, 56 S., 1,— 5
Der Deutsche Boxer, 56 S., 1,— 503
Chow-Chow, 40 S., 1,— 6
Der Cocker-Spaniel erscheint Sommer 1959 507
Gebrauchshund, 52 S., 1,— 500
Hundekrankheiten, 64 S., 1,— 533
Hunderassen, 88 S., 2,50 1062
Jagdhund, Abrichtung und Führung, 88 S., 1,50 62
Polizeihund, 112 S., 2,— 501
Der Deutsche Pudel, 48 S., 1,— 505
Der Deutsche Schäferhund, 92 S., 1,50 1097
Der Deutsche Teckel, 88 S., 1,50 506
Die Terrier-Rassen, 56 S., 1,25 504

Nr.

Insekten, Sammeln und Präparieren, 80 S., 1,50 104

Jagdhäuser, 88 S., 2,— s. Bauen 405

Jagdhund, 88 S., 1,50, s. a. Hunde 62

Jiu-Jitsu, 64 S., 1,50 998

Johannisbeere, Schwarze —, 84 S., 1,25 234

Judo, erscheint Sommer 1959 997

Kakteen, 64 S., 2,— 870
Pflanzenfamilie der —, 176 S., 3,- 872

Kaltwasserfische s. Aquarium

Kanarienvogel, 48 S., 1,— 1305

Kaninchen
Angorakaninchen, 128 S., 1,75 1033
Kaninchenställe, 56 S., 0,75 460
Kaninchenzucht, Fortpflanzung, Vererbung, 172 S., 2,— 1078
Kaninchenzucht, Bd. 1: Kaninchenrassen, 88 S., 2,— 1135
—, Bd. 2: Haltung, Zucht, Pflege, 120 S., 1,50 1137
Krankheiten der Kaninchen, 140 S., 2,— 1338

Kartenspiele, Allerlei —, 80 S., 1,25 980
Bridge, 40 S., 0,75 981
Bieten beim Bridge, 48 S., 1,— 983
Wie spielen wir Canasta, 24 S., 0,75 964
Leichte u. schwierige Patiencen, 64 S., 1,— 1091
84 Patience-Aufgaben, 36 S., 1,- 1090
Rommée u. Doppelkopf, 24 S., 0,50 988
Schafkopf u. Tarock, 40 S., 0,75 987
Skatspiel, Anleitung u. Regeln, 32 S., 0,50 966
Skatsprache, humorvolle Redensarten, 24 S., 0,50 965

Kartoffelbau, 48 S., 1,25 1065

Katze, Haltung u. Pflege, 64 S., 1,25 884

Kernobst, Schnitt des —, 80 S., 1,50 41
Schädlinge u. Krankh. am —, 64 S., 1,25 431

Kleintransformatoren, 64 S., 1,— 1027

Körnerfresser s. Stubenvögel

Nr.

Kraftfahrzeugschule, Frage u. Antwort, 80 S., 2,— 833

Kurzschluß-Läufermotoren s. Elektro-Technik 1024

Lauben s. Bauen 64 S., 1,50 406

Laubsägemaschine, Selbstbau, 104 S., 2,— 1080

Leichtathletik, 160 S., 2,75 1041

Lokomotiven, Selbstbau s. Elektro-Technik u. Tischbahn

Marmeladenbereitung s. Einmachen

Mathematik, Heitere — u. Rechenscherze, 68 S., 1,50 785

Meerschweinchen, weiße Mäuse u. Ratten, 56 S., 1,— 696

Mistbeet, s. Frühbeet 260

Mixer im Selbstbau, 136 S., 2,50 712

Motore s. Elektro-Technik

Motorradfahrer, Praktische Winke, 80 S., 1,50 786

Niederstammobstbau, 48 S., 1,— 224

Nußobst, Schädl. u. Krankh. am —, s. Schädlingsbekämpfung

Obstbau, Praktische Anleitung, 80 S., 1,50 7
Beerensträucher, 48 S., 1,— 231
Düngung der Obstbäume, 48 S., 0,75 44
Erdbeere, Kultur der —, 40 S., 0,75 240
Niederstammobstbau, 48 S., 1,— 224
Monatskalender f. d. Obstbau, 72 S., 1,25 45
Pflanzung u. Pflege d. Obstbäume, 48 S., 0,75 116
Pfirsichbau, 80 S., 1,25 1086
Pflaumen u. Zwetschen, 32 S., 0,50 1087
Schnitt des Kernobstes, 80 S., 1,50 41
Schnitt des Steinobstes, 48 S., 1,- 40
Schwarze Johannisbeere, 84 S., 1,25 234
Spindelbusch- u. Spallerobstbau, 80 S., 1,50 222
Veredlungsarten, 80 S., 1,25 244
Weinstock, 64 S., 1,— 113
Weshalb trägt mein Obstbaum nicht besser? 40 S., 0,75 1085

Nr.

Obst- u. Beerenweinbereitung, 120 S., 1,50 716
Orchideen, 84 S., 2,50 464
Oszillograph s. Elektro-Technik, 184 S., 3,50 706

Papageien, 100 S., 2,50 853
Patente u. Gebrauchsmuster, 96 S., 2,— 1570
Patience-Aufgaben, 36 S., 1,— 1090
Patiencen, Leichte u. schwierige, 64 S., 1,— 1091
Pelztierzucht, 80 S., 1,50 1148
Pferde u. Pferdesport, 120 S., 2,50 28
Pflanzen, Sammeln u. Präp., 80 S., 1,50 105
Pflanzenvermehrung, 64 S., 1,— 243
Pflaumen u. Zwetschen, 32 S., 0,50 1087
Pfirsichbau, 80 S., 1,25 1086
Pollzeihund, 112 S., 2,— 501
Prachtfinken s. Stubenvögel
Pudel, Der Deutsche —, 48 S., 1,— 505
Puten, Gänse u. Enten, 64 S., 1,— 262

Radiobastler, Winke u. Kniffe für —, Teil 1, 96 S., 2,— 2014
Teil 2 2015
Radio-Kurzwellentechnik
Senden und Empfang kurzer und ultrakurzer Wellen, Teil I: Empfangstechnik, 128 S., 2,50 951
—, Teil II: Sendetechnik, 155 S., 2,50 1001
—, Teil III: Ultrawellen:
Bd. 1: UKW-Empfangstechnik, 128 S., 2,50 1081
Bd. 2: UKW-Sendetechnik, 127 S., 2,— 1082
Bd. 3: UKW-Meßtechnik, 64 S., 1,— 1084
Radio-Technik
Antennen, Teil I: Empfangsantennen, 104 S., 2,— 2021
—, Teil II: Sendeantennen, 136 S., 2,50 2023
Elektronen-Röhren, Teil I: Grundlagen, 176 S., 2,50 2025
—, Teil II: Praktische Anwendung, 140 S., 2,50 2027
Glimmröhre u. Fotozelle, 128 S., 2,— 2011

Nr.

Prakt. Rundfunkbasteln, Bd. 1: Grundlagen u. Selbstbau einfacher Empfangsgeräte, 80 S., 1,50 2030
—, Bd. 2: Reflex- u. Mehrkreisempfänger, Kleinsuper für Rundfunk u. UKW, 80 S., 1,50 2032
—, Bd. 3: Kombinierte Empfänger für AM/FM, 88 S., 2,— 2034
Rundfunktechnik, Teil I, Grundlagen I, 68 S., 1,25 2001
—, Teil II, Grundlagen II, 64 S., 1,— 2003
—, Teil III, Antennen, Wellen, Gleichrichter, 64 S., 1,— 2005
—, Teil IV, Verst. für Hoch- u. Niederfrequenz, 64 S., 1,— 2007
—, Teil V, Rückgekoppelte Röhren, Sender u. moderne Empfänger, 64 S., 1,— 2009
Das Tonbandgerät, 160 S., 3,— 2029
Winke u. Kniffe für Radiobastler, Teil 1, 96 S., 2,— 2014
—, Teil 2, 96 S., 2,— 2015
Rasenanlage u. Pflege, 64 S., 1,— 304
Ratschläge, Häusliche s. a. Einmachen, Getränke
Neuzeitliche Backrezepte, 48 S., 1,— 1140
Häuslicher Ratgeber, 112 S., 2,— 555
Reben, Schädl. u. Krankh. an —, 430
s. Schädlingsbekämpfung
Rechenscherze, 68 S., 1,50 795
s. Heitere Mathematik
Redner b. Vereins- u. Familienfesten, 116 S., 2,— 1186
Relais i. d. Praxis, 80 S., 1,50 700
Reisen u. Wandern, 68 S., 1,25 800
Rommée u. Doppelkopf, 24 S., 0,50 988
Rose, 80 S., 1,50 747
— Schädlinge der —, 52 S., 1,— 220
Ruderfibel, 72 S., 1,25 656
Rundfunkbasteln, Prakt., Bd. 1: Grundlagen u. Selbstbau einfacher Empfangsgeräte, 80 S., 1,50 2030
—, Bd. 2: Reflex- u. Mehrkreisempfänger, Kleinsuper für Rundfunk u. UKW, 80 S., 1,50 2032
—, Bd. 3: Kombinierte Empfänger für AM/FM, 88 S., 2,— 2034
Rundfunktechnik s. Fernsehen, Radio-Technik, Radio-Kurzwellentechnik

Nr.

Saatbuch, 124 S., 2,— 631

Säugetiere, Ausstopfen, 70 S., 1,50 106

Sammeln u. Präparieren von
— Insekten u. Schmetterlingen, 80 S., 1,50 104
— Pflanzen u. Steinen, 80 S., 1,50 105
— Vögeln u. Säugetieren, 70 S., 1,50 106

Schachspiel, Leitfaden des —, 136 S., 2,— 191

Schachendspiele, 56 S., 1,— 1153

Schädlingsbekämpfung
Hausschädlinge u. Schmarotzer, 80 S., 1,50 435
Schädlinge d. Rosen, 52 S., 1,— 220
Schädl. u. Krankheiten an Beeren u. Reben, 48 S., 1,— 430
Schädl. u. Krankh. am Gemüse, 88 S., 1,50 433
Schädl. u. Krankh. am Kernobst, 64 S., 1,25 431
Schädl. u. Krankh. a. Stein- u. Nußobst, 64 S., 1,25 432
Schädl. u. Krankh. an Zierpflanzen, 104 S., 1,50 434

Schaf, 48 S., 1,— 402
s. a. Haustiere

Schäferhund, Der Deutsche —, 92 S., 1,50 1097

Schafkopf u. Tarock, 40 S., 0,75 987

Schiffe, Selbstbau s. Elektro-Technik

Schmarotzer
s. Schädlingsbekämpfung

Schmetterlinge, Sammeln und Präparieren, 80 S., 1,50 104

Schmetterlingszucht, Einführ. i. d. — 104
s. Sammeln

Schnitt des Kernobstes, 80 S., 1,50 41

Schnitt des Steinobstes, 48 S., 1,— 40

Schildkröten, 88 S., 1,50 166

Schreib- u. Würfelspiele, 80 S., 1,25 55

Schutz- u. Zierhecken, 56 S., 1,25 230

Schweinezucht u. -haltung, 48 S., 1,- 65

Schwimmen, 48 S., 1,— 1073

Seidenraupenzucht, 32 S., 1,— 363

Segelflugmodelle m. Bauplan
s. Flugsport

Nr.

Segelflugsport, Einführung, 160 S., 3,— 1109

Selbstverteidigung, 40 S., 1,— 995

Senden u. Empfang kurzer u. ultrakurzer Wellen s. Radio-Kurzwellentechnik

Skatspiel, Anleitung u. Regeln, 32 S., 0,50 966

Skatsprache, humorvolle Redensarten, 24 S., 0,50 965

Skilauf, Neuzeitlicher —, 64 S., 1,25 1212

Sommerblumen, 88 S., 2,— 814

Spargelbau, 48 S., 1,— 294

Spiele s. Kartenspiele, Gesellschaftsspiele, Sport

Spiele auf Fahrt u. im Lager, 72 S., 1,25 1020

Spindelbusch- u. Spallerobstbau, 80 S., 1,50 222

Sport
Angelsport, 96 S., 1,50 23
Billardspiel, 88 S., 1,50 1290
Boxen, aber richtig, 80 S., 1,25 1132
Fußball, 64 S., 1,25 132
Jiu-Jitsu, 64 S., 1,50 998
Judo 997
Leichtathletik, 160 S., 2,75 1041
Pferdesport s. Haustiere, 120 S., 2,50 28
Reisen u. Wandern, 68 S., 1,25 800
Ruderfibel, 72 S., 1,25 656
Schwimmst Du richtig? 48 S., 1,- 1073
Selbstverteidigung, 40 S., 1,— 995
Skilauf, 64 S., 1,25 1212
Spiele auf Fahrt u. im Lager, 72 S., 1,25 1020
Tennis, 48 S., 1,25 276
Tischtennis, 88 S., 2,— 210
Wandertips u. Campingwinke, 72 S., 1,50 1223

Stauden, Die schönsten —, 64 S., 1,50 114

Steine, Sammeln u. Präp. von Pflanzen u. —, 80 S., 1,50 105

Steingarten, 56 S., 2,— 268

Steingartenstauden, erscheint Herbst 1959 269

Steinobst, Schnitt des —, 48 S., 1,— 40
—, Schädlinge u. Krankh. am —, 64 S., 1,25 432

Stubenvögel
Einheimische Stubenvögel, Teil 1, 64 S., 1,25 60
—, Teil 2, 64 S., 1,50 61

Nr.
Fremdländische Stubenvögel, Körnerfresser, 72 S., 2,— 122
—, Prachtfinken, 96 S., 2,50 88
—, Weber u. Witwen, 80 S., 1,50 120
—, Weichfresser, 80 S., 2,— 124
Gartenvolieren, 48 S., 1,25 1075
Der Kanarienvogel, 48 S., 1,— 1305
Krankheiten der Stubenvögel u. ihre Behdlg., 80 S., 1,50 973
Papageien, 100 S., 2,50 853
Der Wellensittich, Pflege u. Zucht, 48 S., 1,— 818
Der zahme u. sprechende Wellensittich, 40 S., 1,— 816
Standardformen des Wellensittichs u. ihre Vererbung 820
Süßmostbereitung s. Getränke 345

Tanzen erscheint Herbst 1959 15
Tarock s. Kartenspiele, 40 S., 0,75 987
Tauben s. a. Geflügel
Nutztauben, 64 S., 1,25 50
Rassen der Haustauben, 84 S., 2,- 726
Reisetauben, 96 S., 1,50 1076
Teckel, Der Deutsche —, 88 S., 1,50 506
Teichwirtschaft, ersch. i. Herbst 1959 76
Tennis, 48 S., 1,25 276
Terrarium, 64 S., 1,25 66
Das Freilandterrarium, 56 S., 1,- 959
Pflanzen des Terrariums, 128 S., 2,- 960
Lebendfutter f. Aquarien- und Terrarientiere, 96 S., 2,— 17
Schildkröten, 88 S., 1,50 166
Terrier-Rassen, 56 S., 1,25 504
Tierzucht u. -fütterung i. Faustzahlen, 80 S., 1,25 98
Tischbahn HO im Selbstbau
—, Teil I: Planung, Oberbau, Weichen, Signale, Sicherungsanlagen, Schaltungen, 104 S., 1,75 1216
—, Teil II: Wagen- u. Bahnbauten, 136 S., 2,50 1218
—, Teil III: Lokbau, Betrieb und Landschaftsgestaltung, 184 S., 3,- 1220
—, Teil IV: Oberleitungsbau, E.- u. Diesel-Loks, Triebwagen, 80 S., 1,50 1222
Tischlerarbeit, 48 S., 0,75 133
Tischtennis, 88 S., 2,— 210
Tonbandgerät, 160 S., 3,— 2029

Universalmaschine, Selbstbau, 136 S., 3,— 710

Nr.
Veredlungsarten, Die wichtigsten —, 80 S., 1,25 244
Vermessen u. Bodenprüfen, 56 S., 1,- 764
Vögel, Sammeln, Präp., Ausstopfen, 70 S., 1,50 106
Vögel s. a. Stubenvögel
Die Greif- (Raub-) Vögel u. Eulen Mitteleuropas, 112 S., 2,50 330
Vogelbestimmbuch, 104 S., 2,50 1008
Vogelleben in unsern Gärten, 112 S., 2,— 907
Vogelschutz u. -hege, 64 S., 1,25 325
Vornamen
Wie soll unser Kind heißen?, 72 S., 1,— 1089

Wandertips u. Campingwinke, 72 S., 1,50 1223
Warmwasserfische s. Aquarium
Weber u. Witwen s. Stubenvögel
Weinbergschnecke, 32 S., 0,75 313
Weinstock, 64 S., 1,— 113
Welle, Die biegsame —, Selbstbau, 136 S., 2,— 708
Wellensittich, Pflege u. Zucht, 48 S., 1,— 818
Der zahme u. der sprechende —, 40 S., 1,— 816
Standardformen des — 820
Weichfresser s. Stubenvögel
Werkzeugmaschinen, Selbstbau
Die biegsame Welle, 80 S., 2,— 708
Laubsägemaschine, 104 S., 2,— 1093
Universalmaschine, 136 S., 3,— 710
Winke, Handwerkliche —, s. Bauen
Wochenend- u. Jagdhäuser, 88 S., 2,— 405
Würfelspiele s. Gesellschaftsspiele

Zählgeräte, Elektrische, 96 S., 2,— 704
Zaubertricks im Plauderton, 80 S., 2,— 928
Ziege, 48 S., 1,— 336
s. a. Haustiere
Zierhecken, 56 S., 1,25 230
s. Gartenbau
Zierfische s. Aquarium
Ziergeflügel, 68 S., 2,— 190
Zierpflanzen, Schädl. u. Krankh. s. Schädlingsbekämpfung
Ziersträucher, 48 S., 1,— 78
Zwetschen, 32 S., 0,50 1087
s. Obstbau

Nr. 2009 (4)

DIE LEHRMEISTER-BÜCHEREI

bietet mit ihren Titeln

vielfache Anregungen zum Lernen und zur Freizeitgestaltung

in folgenden Sachgebieten:

Aquarium, Zierfische, Terrarium · Astrologie · Basteln · Bauen · Bienen · Blumen · Briefmarken · Einmachen, Getränke und häusliche Ratschläge · Elektro-Technik · Erfolgsbücher · Farbenlehre · Fernsehen · Flugsport · Garten · Geflügel und Kleintiere · Hunde · Karten- u. Gesellschaftsspiele · Kraftfahrzeuge · Radio-Technik · Schach · Schädlingsbekämpfung · Sport · Tiere · Tischbahn · Vögel und Vogelschutz · Vornamen

Näheres siehe Stichwortverzeichnis aller Titel am Ende des Buches

Ausführliches Gesamtverzeichnis nach dem neuesten Stand erhalten Sie durch jede Buchhandlung oder den

PHILLER-VERLAG · MINDEN (WESTF) · POSTFACH